

VÉGÉTATIONS FORESTIÈRES ET ALPINES DU HAUT VAL D'AOSTE SUR ROCHES OPHIOLITQUES ET GNEISS

FORESTS AND ALPINE VEGETATIONS AND SOILS ON OPHIOLITIC ROCKS AND GNEISS IN THE VALLE D'AOSTA (ITALY)

par J. P. VERGER*, G. CADEL**, J. ROUILLER*** & B. SOUCHIER**

RESUME - Sous le climat continental sec du Val d'Aoste, de l'étage montagnard à l'étage alpin, la répartition des groupements végétaux résulte de l'action combinée, mais, variable avec l'étage, du climat et du matériau (roche-mère). Au **montagnard** les humus convergent vers un moder-mull xérique et ce sont les horizons organo-minéraux qui nuancent les végétations correspondant aux sols dits "analogues". Le groupement du *Deschampsio-Pinetum sylvestris* se développe sur serpentinites et gneiss. Sur prasinites les groupements sont intermédiaires entre ce dernier et le *Cytiso-Pinetum*, avec, en altitude, passage au *Vaccinio-Piceetea*. Au **subalpin inférieur et moyen** les stades forestiers climatiques diffèrent suivant la roche-mère: mélézeins sur serpentinites (sols brunifiés), pessière et cembraie sur prasinites et gneiss (sols podzoliques). Au **subalpin supérieur** l'influence des roches-mères paraît subordonnée à celle du micro-climat. Sur crêtes ventées les serpentinites maintiennent des groupements riches en espèces neutrophiles alors que ceux sur prasinites et gneiss sont acidophiles. Sur les pentes à l'ubac (rhodoraie) s'affirme la tendance à la podzolisation. Aux adrets (junipéraie) xérophilie et brunification permettent l'extension des groupements neutro-acidoclines. Le bioclimat de l'**étage alpin** se révèle suffisamment uniforme pour imposer sur roches acides des groupements acidophiles semblables (*Caricetum curvulae*, *Festucetum halleri*, *Festucetum variae*, *Salicetum herbaceae*). Les sols eutrophes ou calciques des serpentinites portent les groupements de la série baso-neutrophile de l'*Elynetum*. Par contre la végétation se rapproche de celle des roches calcaires mais possède une spécificité propre liée à la dominance du magnésium sur le calcium dans les bases échangeables : espèces caractéristiques (*Thlaspi alpinum* subsp. *sylvium* au montagnard, *Cardamine plumieri* à l'alpin), association particulière (*Caricetum fimbriatae*, faciès du *Festucetum variae*). En conclusion, l'ensemble de ces observations permet une comparaison du Val d'Aoste avec les vallées des Alpes internes françaises.

MOTS-CLES - Val d'Aoste, serpentinites, sols bruns magnésiens eutrophes, végétation spécifique, prasinites et gneiss, podzolisation.

ABSTRACT - There is a great variety of vegetation under the climate of the Valle d'Aosta, between the mountainous and alpine zones ; this is due to the diversity of the rocks and of the local climates. On warm slopes of the mountainous zone humus is a xerophilous moder-mull. The vegetation growing on these soils varies with the type of mineral horizons ("sols analogues") and belongs to *Pinus sylvestris* intra-alpine group (*Deschampsio-Pinetum sylvestris* on serpentines and gneiss, transition with *Cytiso-Pinetum* and *Vaccinio-Piceetea* on prasines). In the subalpine zone, on serpentine, *Junipero-Arctostaphyletum laricetosum* (new association Verger, 1987) occurs on warmer slopes. Neutral acidophilous species grow on ranker and brown soils. On cooler slopes, *Larix decidua* reaches its ultimate stage of development. The *Rhodoreto-Vaccinietum laricetosum*, with acidophilous species but without bryophytes, grows on brown soils where humus is a moder-mor. At the lower limits of the subalpine, *Piceetum subalpinum* occurs on prasines and gneiss while *Rhodoreto-Vaccinietum Cembretosum* grows along on the upper limits. On serpentines, where hydroxyferric complexes and magnesium prevail, lower acidity, permeability and soil dryness are favourable for *Larix*. Podzolic soils, where acidophilous organic matter, aluminium and protons prevail, are favourable for *Picea* and *Pinus cembra*. At the upper limits of subalpine zone, the influence of rocks depends on local climate. On wind-blow crests serpentinic vegetation is rich with neutral species, while acidophilous species grow on prasines and gneiss. On cold slopes podzolic soils develop under *Rhododendron ferrugineum*. In the alpine zone soil factors can be used to describe plant associations. Acidophilous vegetation grows on prasines and gneiss (*Caricetum curvulae*, *Festucetum halleri*, *Festucetum variae*, *Salicetum herbaceae*). Serpentinic soils belong to saturate, magnesian brown soils. With low acidity *Saxifragetum androsaceae* develops; when magnesium is at a relatively high concentration in the humus, characteristic facies of *Festucetum variae* and *Caricetum fimbriatae* occurs.

KEY-WORDS - Aosta valley, serpentines, saturated magnesian brown soils, characteristic species, prasines and gneiss, podzolic soils.

* Faculté des Sciences de Limoges, Labo. Biol. Cel. Vég. Valorisation des Espèces Ligneuses, 87060 LIMOGES CEDEX (France).

** Université J. Fourier Grenoble I, Centre de Biologie Alpine, BP 53, 38041 GRENOBLE CEDEX 9 (France).

*** Centre CNRS Pédologie Biologique, NANCY (France).

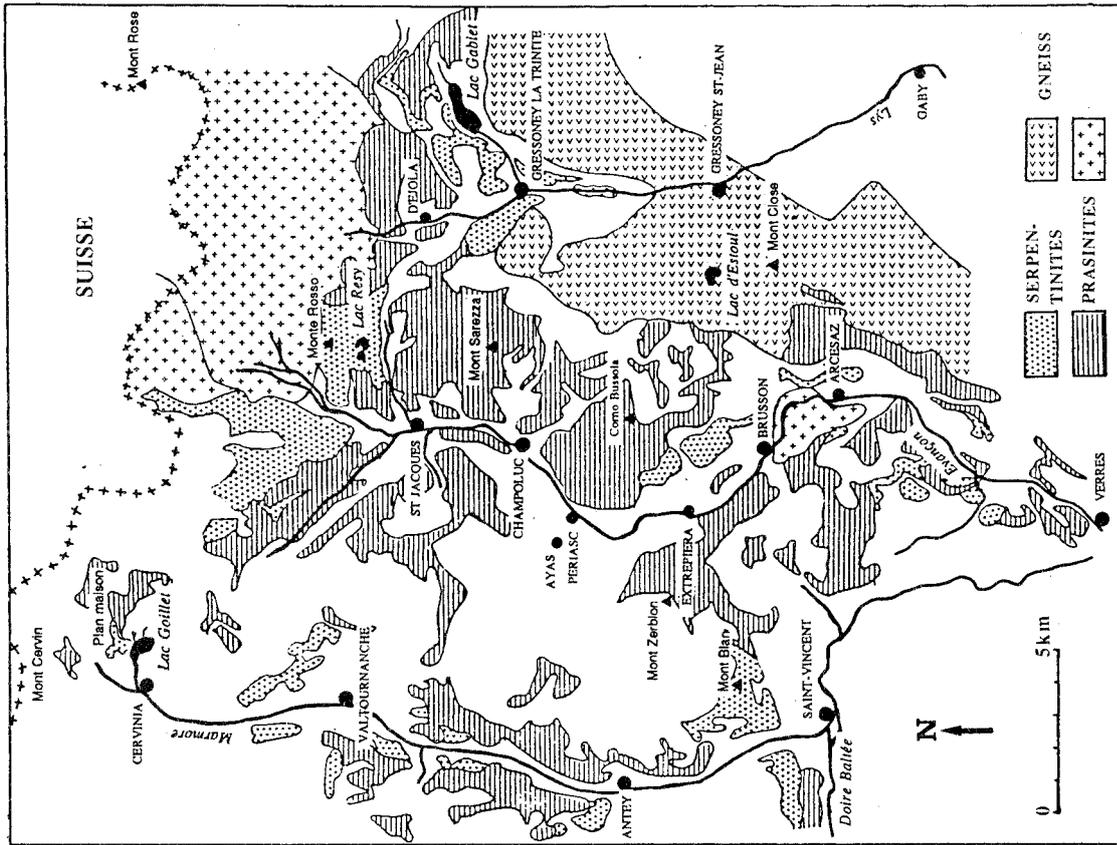


Fig. 2 - Carte géologique simplifiée des vallées d'Aoste (Italie) montrant les affleurements des serpentinites, prasinites et gneiss (d'après la Carta Geologica d'Italia 1912 et dal Piaz 1976).

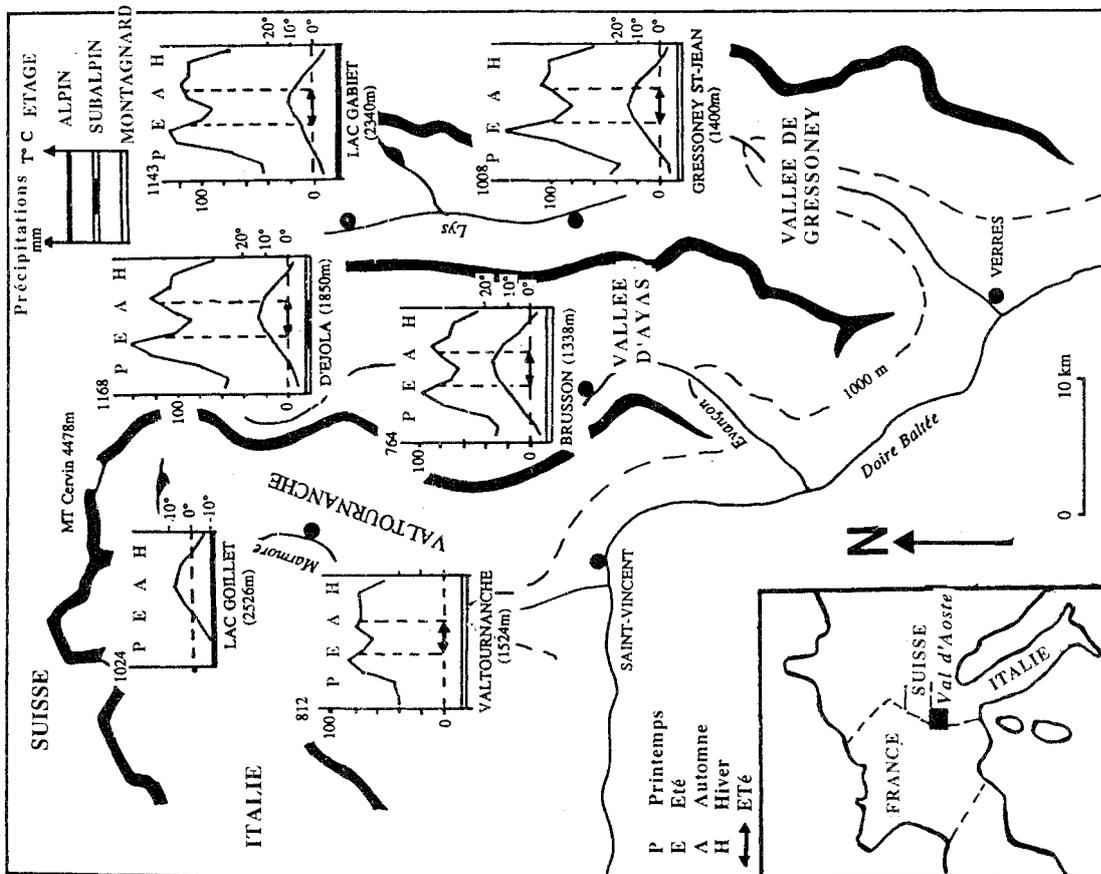


Fig. 1 - Situation et climat des vallées d'Aoste (Italie). (diagrammes ombrothermiques d'après les données de JANIN, 1968 et Ministero dei Lavori pubblici, 1966).

VEGETATION DU HAUT VAL D'AOSTE

TABLEAU I - Composition chimique comparée des serpentinites,* prasinites **et gneiss en Val d'Aoste (Italie). (d'après CNRS Nancy* 1977 et dal Piaz **1976).

ROCHE	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂
GNEISS ACIDES*	71.55	13.9	3.01	0.06	1.04	0.69	4.10	3.01	0.36
PRASINITES**	49.00	16.3	9.00	0.14	7.05	8.35	3.65	0.33	1.30
SERPENTINITES**	38.98	2.89	9.09	0.06	34.64	2.57	0.19	0.06	n.d.

TABLEAU II - Caractères physico-chimiques des sols de la pinède sylvestre sur serpentinites, prasinites et gneiss en Val d'Aoste (Italie).

Horizon	Profondeur (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	Argile %	C/N	Bases échangeables m.e./100g				Ions de l'acidité m.e./100g		V (sol) %	*Elements libres	
						*Ca ⁺⁺	*Mg ⁺⁺	**K ⁺	*Na ⁺	*Al ³⁺	*H ⁺		Al %	Fe %
Serpentinites														
- faciès type: sol brun eutrophe à moder														
A ₀ A ₁	0 - 5	4.70	4.24	n.d.	26.9	9.69	3.35	0.22	0.04	0.98	0.17	92	1.4	3.8
A ₁ /B	5 - 10	6.20	5.15	5.0	17.3	2.25	2.85	0.02	0.02	0.12	0.00	98	1.2	2.6
B/C	10 - 30	6.55	5.30	4.8	13.9	0.37	4.06	0.02	0.03	0.07	0.00	98	11.2	1.8
C	30 - 60	6.40	5.60	4.5	13.2	0.10	3.53	0.01	0.05	0.07	0.00	98	1.0	2.1
- faciès à <i>Minuartia laticifolia</i> : Ranker à moder														
A ₀ A ₁	0 - 5	5.82	5.38	n.d.	29.5	19.30	17.6	0.30	0.12	0.57	0	98	0.9	6.0
A ₃	5 - 15	5.86	5.00	5.5	29.4	5.26	8.00	0.07	0.03	0.27	0	98	0.6	17.6
C	15 ...	6.65	5.90	8.8	20.0	0.46	9.45	0.02	0.03	0.03	0	100	0.6	15.4
- faciès à <i>Carex humilis</i> : Sol brun eutrophe														
A ₀ A ₁	0 - 5	5.35	4.68	n.d.	31.6	14.1	7.04	0.26	0.03	0.50	0	98	n.d.	3.2
A ₃	5 - 20	5.90	5.00	4.3	20.9	3.64	3.72	0.06	0.03	0.17	0	98	n.d.	5.3
B/C	20 - 35	6.40	5.00	5.0	20.6	1.42	3.51	0.03	0.03	0.10	0	98	n.d.	4.9
C	35 -	6.46	5.09	5.5	17.6	0.62	3.30	0.01	0.03	0.10	0	98	n.d.	5.6
- faciès à Ericacées: Sol brun ocreux														
A ₀ A ₁	0 - 2	4.85	3.96	n.d.	38.7	14.5	5.45	0.40	0.05	0.28	0.94	94	1.1	1.9
A ₂ h	2 - 3	4.92	3.63	6.5	35.8	4.30	2.40	0.05	0.08	2.05	0.85	70	0.6	6.7
B _h /B _{s1}	3 - 5	5.04	3.41	6.3	33.4	2.40	1.67	0.03	0.15	3.89	0.71	48	0.6	5.7
B _{s2}	5 - 15	5.51	3.42	1.8	22.0	0.75	1.62	0.02	0.17	4.22	0.18	37	0.9	3.8
B/C	15 - 45	6.09	4.702	2.0	12.8	0.15	1.47	0.01	0.11	0.72	0.15	66	0.9	3.1
Prasinites														
- faciès du <i>Cytiso-Pinetum</i> : Sol brun ocreux														
A ₀ A ₁	0 - 3	4.85	3.95	5.5	31.1	10.08	2.34	0.28	n.d.	1.50	0.52	82	1.8	1.5
A ₁₂	3 - 5	4.85	3.81	3.8	27.0	4.50	0.84	0.13	n.d.	1.24	0.43	66	1.3	1.4
A ₁ B _h	5 - 12	5.1	4.11	4.5	23.7	0.49	0.41	0.08	n.d.	1.44	0.10	24	1.5	1.8
B/C	12 - 30	5.2	4.36	7.5	n.d.	0.11	0.21	0.08	n.d.	1.65	0.00	11	3.5	4.1
- faciès à vacciniées: Sol brun ocreux humifère														
A ₀ A ₁	0 - 2	4.31	3.38	n.d.	30.3	4.77	1.83	0.94	0.24	1.22	1.08	77	0.9	1.8
A ₁₂	2 - 4	4.54	3.45	4.5	28.6	0.55	0.35	0.06	0.06	1.47	0.93	29	0.7	1.8
A ₁ B _h	4 - 8	4.94	4.02	5.5	28.0	0.40	0.13	0.06	0.03	1.40	0.12	29	1.2	4.1
(B)	8 - 18	5.40	4.40	3.5	25.3	0.15	0.07	0.02	0.06	0.72	0.00	29	1.5	2.9
(B)/C	18 - 45	5.56	4.38	2.0	n.d.	0.12	0.06	0.03	0.02	0.60	0.00	28	1.0	1.8
Gneiss acide: Sol brun mésotrophe à xéromor														
A ₁	0 - 3	5.40	4.58	5.5	28.3	5.51	1.17	0.22	0.20	0.45	0	90	1.6	3.2
A ₁₂	3 - 13	4.45	4.24	6.5	23.9	3.30	0.77	0.08	0.12	0.76	0	81	1.3	3.0
(B)/C	13 - 50	4.56	4.51	7.5	16.8	1.21	0.42	0.07	0.06	0.94	0	64	1.5	3.5

*Formes amorphes (réactif de Tamu).

TABLEAU III - Principales espèces de la pinède sylvestre sur serpentinites, prasinites et gneiss en Val d'Aoste (Italie).

ASSOCIATION FACIES	<i>Deschampsio-Pinetum sylvestris</i>						
	type	à <i>Minuartia laricifolia</i>	à <i>Carex humilis</i>	à Ericacées	<i>Cytiso- Pinetum</i>	<i>Piceetum vaccinietosum vitis-idaea</i>	type
ROCHES MERES	SERPENTINITES				PRASINITES		GNEISS
STRATE DES ARBRES %	60	60	40	60	60	65	70
<i>Pinus sylvestris</i>	V	V	V	V	V	V	V
<i>Picea abies</i>					II	V	II
<i>Larix europea</i>					II	II	II
<i>Pinus cembra</i>						II	
STRATE HERBACEE/LANDES %	30	35	40	70	45	65	70
<u>CARACTERISTIQUES du <i>Deschampsio-Pinetum</i></u>							
<u>ACIDOPHILES</u>							
- XEROMESOPHILES							
<i>Minuartia laricifolia</i>	V	V	IV	I	II		IV
- MESOXEROPHILES							
<i>Deschampsia flexuosa</i>	V		III	V	V	V	IV
<i>Veronica officinalis</i>	V	I	I	I	II	III	II
<i>Phyteuma betonicoefolium</i>	III		I	II	IV	I	IV
<u>DIFFERENTIELLES de FACIES</u>							
<u>NEUTROPHILES</u>							
<i>Thlaspi alpinum ssp. alpinum</i>	V						
<i>Thlaspi alpinum ssp. sylvium</i>	I						
<i>Laserpitium latifolium</i>	IV						
<i>Hieracium bifidum</i>	III						
<i>Anthyllis vulneraria</i>	II				III		I
<i>Ononis repens</i>	II				II		
<i>Coronilla emerus</i>					II		
<u>ACIDOCLINES</u>							
<i>Hippocrepis comosa</i>	III						
<i>Centaurea alpestris</i>	II						
<i>Carex humilis</i>			V			III	III
<i>Festuca crassifolia</i>			III			V	I
<i>Euphorbia cyparissias</i>			II				
<i>Dianthus sylvestris</i>			II				
<u>ACIDOPHILES</u>							
<i>Genista germanica</i>				V	V		II
<i>Cytisus nigricans</i>					IV		I
<i>Calluna vulgaris</i>				V		IV	I
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>				V		V	
<i>Vaccinium myrtillus</i>				V	I	V	II
<u>AUTRES ESPECES</u>							
<u>ACIDOCLINES</u>							
<i>Festuca luedii</i>	III	IV	II	I	V		V
<i>Campanula rotundifolia</i>	III	III	V				
<i>Brachypodium pinatum</i>	I	IV	II	IV	I	IV	II
<u>ACIDOPHILES</u>							
<i>Festuca ovina</i>	IV	IV	II	IV			I
<i>Hieracium murorum</i>	V	V	IV	IV	V	V	III
<u>EURYPHILES</u>							
<i>Juniperus communis</i>	IV	V	V	II	V	V	II
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	IV	IV		V	I	III	

INTRODUCTION

L'abondante littérature consacrée à la chaîne alpine, tant en Botanique qu'en Pédologie fait apparaître une répartition ordonnée des groupements végétaux et des sols selon les ensembles lithologiques majeurs de l'arc alpin. La distribution de la végétation reflète en effet largement celle des sols dont l'évolution est à la fois climatique et lithodépendante. A ce titre le Val d'Aoste, avec les trois vallées du Valtournanche, Val d'Ayas et Gressoney constitue un contexte lithologique et climatique bien individualisé, très favorable à des études comparées.

Le Val d'Aoste (Fig. 1) est situé au nord-ouest de l'Italie, entre la France et la Suisse. Il a une superficie de 3262 km². C'est un pays de hautes terres (2160 m d'altitude moyenne). Il inclut plusieurs petites vallées telles que celles d'Ayas et Valtournanche qui s'étagent de 700 m à 2700 m et la vallée de Gressoney qui se développe entre 1000 et 2900 m. Dans ces vallées la diversité des affleurements rocheux entraîne une grande variété de sols et de végétation. Alors que les roches ophiolitiques, serpentinites et prasinites, prédominent en Val d'Ayas et Valtournanche, les gneiss affleurent principalement en Val de Gressoney (Fig. 2).

Le présent article met l'accent sur les particularités phytoécologiques stationnelles rencontrées sur ces trois types de roches de l'étage montagnard à l'étage alpin.

LE CONTEXTE CLIMATIQUE ET GEOLOGIQUE

Les trois vallées d'étude, largement ouvertes au sud font parties du secteur climatique intra-alpin (Fig. 1) Le total des précipitations varie de 800 mm dans les parties basses des vallées à 1300 mm dans les parties hautes. Le climat est caractérisé à la fois par la continentalité (indice de Gams entre 50 et 70) et une aridité estivale marquée surtout au montagnard, plus discrète au subalpin, contrairement au Briançonnais, pôle de la sécheresse estivale jusque et y compris au subalpin (CADEL, 1980). Les températures moyennes dans le Val d'Aoste varient entre - 1, 8°C en hiver et 14,1°C en été. A l'étage montagnard des vallées d'Ayas et Gressoney, la température minimale descend à - 22°C et la maximale atteint 31°C. A l'étage alpin des vallées de Gressoney et du Valtournanche, les températures correspondantes sont - 25°C et 20°C.

Outre les groupements végétaux, la comparaison altitudinale mettra l'accent sur l'altération bioclimatique et les sols correspondant respectivement aux gneiss acides micacés, voire sériciteux, références de nombreux travaux pédologiques alpins (CABIDOCHÉ, 1979; ROBERT, CABIDOCHÉ et BERRIER, 1980; SOUCHIER, 1984 ; DAMBRINE, 1985) et aux roches ophiolitiques dites "Roches Vertes". Nous opposerons ainsi les pôles ultrabasique (serpentinites) et basique (prasinites) au pôle alumineux représenté par les gneiss (Tab.I). Le comportement différentiel des substrats concerne certes les ions alcalino-terreux mais plus encore l'héritage et les transformations des minéraux phylliteux, argilisation progressive en illite et vermiculite des gneiss, chlorite et vermiculites des prasinites, antigorite pour les serpentinites.

LES METHODES DE L'INVENTAIRE

L'inventaire des groupements végétaux, par altitude croissante, s'appuiera sur les données phytosociologiques de BRAUN-BLANQUET (1964), complétés par des termes proposés par GENSAC (1979) et VERGER (1987) pour les nouvelles associations. Les espèces, nommées selon *Flora Europaea*, sont classées selon deux facteurs (VERGER, 1987) : l'importance des ions de l'acidité du complexe d'échange (rapport Ae/S x 100), et un facteur plus subjectif concernant l'humidité des sols, estimé en fonction de la topographie, l'exposition, le climat général (DAMBRINE, 1985), (Fig 3).

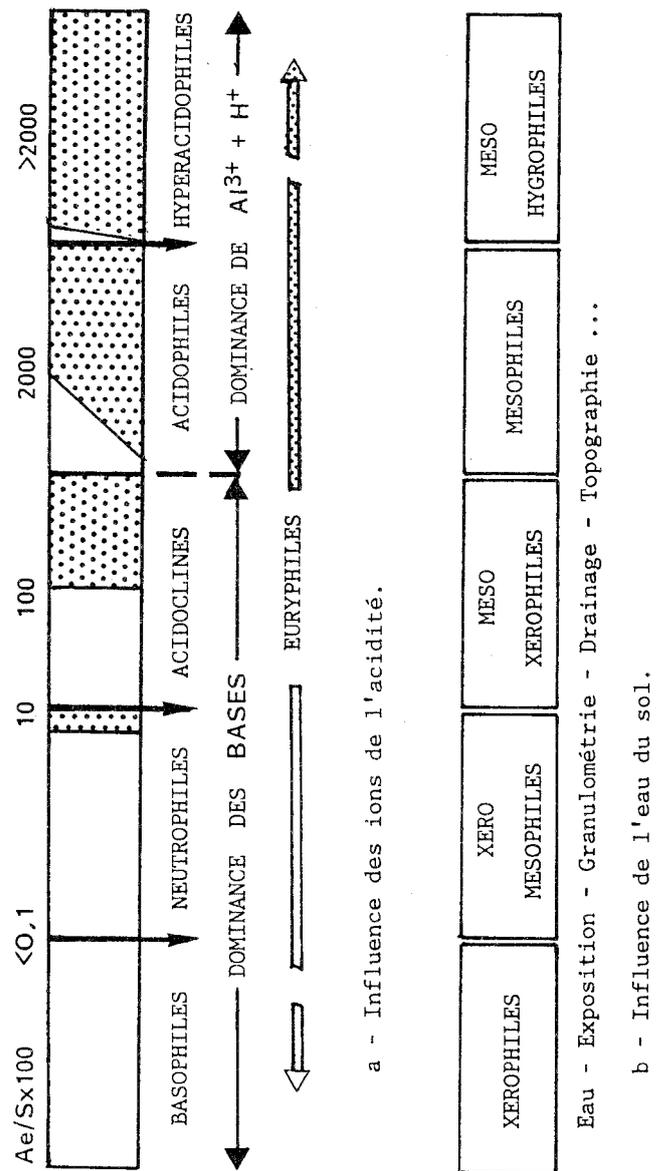


Fig. 3 - Répartition synoptique des espèces végétales en fonction des ions de l'acidité et de l'eau du sol.

La nomenclature retenue pour les horizons de sols est la classification française CPCS reprise par DUCHAUFOR (1983)

Les diagnostics pédologiques sont basés sur des critères analytiques (ROULLER, 1981), JEANROY (1983), mettant l'accent, d'une part sur le mode d'altération différentiation des profils (migration du fer et de l'aluminium), et d'autre part sur le complexe d'échange mesuré au pH du sol : "S" (somme des bases échangeables, = $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$) et "Ac" (Acidité d'échange = $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$). Le taux de saturation (V) est calculé par le rapport $V\% = S/\text{Ac} \times 100$. Les sols sont désignés selon leur taux de saturation d'après la nomenclature de PENEL (1979) : sol désaturé pour V de 0 à 20, oligotrophe de 20 à 30, oligomésotrophe de 30 à 50, mésotrophe de 50 à 70, eutrophe de 70 à 90, saturé de 90 à 100.

L'ETAGE MONTAGNARD

Dans les vallées d'Ayas et Valtournanche les forêts de pin sylvestre s'étagent entre 1400 et 1760 m avec un développement optimum en-dessous de 1650 m.

Dans tous les cas la présence du pin sylvestre conduit au développement d'un humus acide de surface (Tab. II) présentant, en raison de la xéricité de l'étage, un très mauvais mélange d'aiguilles peu décomposées avec le substratum, ce qui uniformise largement la végétation herbacée. On retrouve sous toutes les pinèdes (Tab. III) les espèces caractéristiques du *Deschampsio-Pinetum sylvestris* (*Deschampsia flexuosa*, *Veronica officinalis*, *Phyteuma betonicoefolium* et *Minuartia laricifolia*). En raison du climat sec de l'étage ces humus convergent vers un humus xérophile de type moder-mull (C/N > 20) saturé ou proche de la saturation en A (le C/N baisse vers 16), quelle que soit la nature de la roche-mère (Tab. II). Les sols sur prasinites évoluent, comme les gneiss, vers une désaturation modérée et une acidification en profondeur alors que le caractère eutrophe et la faible acidité se maintiennent, sauf exception, dans les sols serpentiniques. Ainsi, aux côtés d'espèces acidophiles (*Hieracium murorum*) acidoclines (*Festuca luedii*, *Brachypodium pinnatum*) et euryphiles (*Juniperus communis*, *Arctostaphylos uva-ursi*) communes et inféodées aux couches holorganiques du sol mal décomposées en surface, on note l'apparition d'espèces différentielles de faciès, espèces qui reflèteraient davantage la nature du matériau (et son mode de mise en place).

1 - Sur serpentinites: Le faciès type à *Deschampsia flexuosa* et *Minuartia laricifolia* occupe les milieux stabilisés (pente moyenne), marqués par une acidification et une altération modérées, limitées aux horizons de surface. Le magnésium reste très minoritaire devant le calcium dans l'humus, et donc sans effet particulier sur la végétation (rapport Ca/Mg de 2,8 en A à 0,8 en B). Les caractéristiques acidophiles dominent largement les espèces acidoclines et euryphiles.

Le faciès à *Minuartia laricifolia* occupe les éboulis grossiers de gélifraction et gravité. Les parties récentes, encore peu colonisées par la forêt, sont le refuge de quelques rares espèces (*Sempervivum grandiflorum* limité

aux Alpes Graies et Pennines, *Sempervivum wulfeni* endémique des Alpes Pennines aux Alpes de Styrie) et de touffes de *Festuca luedii* dans les creux de rochers. Le boisement par le pin, toujours très clair, entraîne souvent des accumulations locales d'humus d'aiguilles, largement colonisées par *Minuartia laricifolia*, espèce humicole, inféodée aux aiguilles de pin, acidophile et xéromésophile. La proximité de la roche et sa faible acidité se traduisent par la présence d'un fort contingent d'espèces neutrophiles. La spécificité des serpentinites (rapport Ca/Mg de 1,1 en A et 0,7 en B) se marque par la présence d'une variété inféodée à la roche (*Thlaspi alpinum* ssp *sylvium*) (VERGER, 1992) (Tab. III).

Le faciès à *Carex humilis*, où le pin présente une très belle venue, se développe sur pente forte (30°) et un matériel fin, plus sensible à une altération modérée. Le magnésium ne domine pas en surface (rapport Ca/Mg de 2 en A à 0,4 en B) et aucune espèce spécifique n'apparaît. Lorsque la litière peut persister un certain temps en surface les espèces acidophiles caractéristiques du *Deschampsio-Pinetum sylvestris* s'installent. Ce sont les acidoclines (*Carex humilis* très abondant, *Festuca crassifolia*) qui poussent sur les pentes faiblement acidifiées et dépourvues de litière.

Le faciès à Ericacées, très exceptionnel sur serpentinites, apparaît sur les pentes faibles du montagnard supérieur, à plus de 1700 m, au contact de l'étage subalpin. Avec l'humidité plus forte et la faible pente, l'acidification et l'altération du matériau minéral s'amplifient. Une désaturation modérée s'installe (sol mésotrophe, sauf en surface) qui favorise le développement des espèces acidophiles sans éliminer les acidoclines (*Brachypodium pinnatum*, *Festuca luedii*). Une redistribution nette de type podzolique affecte le fer amorphe. Si les espèces caractéristiques du *Deschampsio-Pinetum sylvestris* sont toujours présentes ce sont surtout les acidophiles des *Vaccinio-Piceetea* avec *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea* qui abondent. A leurs côtés on rencontre également *Calluna vulgaris* et *Genista germanica*, deux espèces qui permettent d'envisager ce faciès comme résultant d'un boisement d'une lande subcontinentale du *Calluno-Antennarietum* TUXEN, 1937.

La présence des espèces caractéristiques du *Deschampsio-Pinetum sylvestris* rattache tous ces groupements au groupement de Maurienne décrit par BARTOLI (1966) sur roches-mères pauvres en bases. Le faciès à *Carex humilis*, sur milieu encore peu désaturé, apparaît comme un stade de transition entre le *Deschampsio-Pinetum sylvestris* et le *Pineto-Caricetum humilis*, pinède des vallées continentales sèches centralpines de l'alliance du *Pineto-Ericion*. Localisée au montagnard supérieur la pinède à Ericacées présente des affinités avec la sous-association à *Vaccinium vitis-idaea* du *Deschampsio-Pinetum* de Maurienne (BARTOLI, 1966).

2 - Sur prasinites, en Val d'Ayas, la pinède sylvestre est séparée en deux ensembles forestiers d'altitude différente par les affleurements des roches acides et ultrabasiques (Fig. 2).

VEGETATION DU HAUT VAL D'AOSTE

TABLEAU IV - Principales espèces de la forêt subalpine sur serpentinites, prasinites et gneiss en Val d'Aoste (Italie).

VEGETATION	Junipero- Artostaphyletum laricetosum	Rhodoreto- vaccinietum vitis-idaea laricetosum	Rhodoreto- vaccinietum laricetosum	Piceetum subalpinum		Rhodoreto-Vaccinietum Cembretosum	
				vaccinietosum vitis-idaea	myrtilletosum	Vaccinietosum vitis-idaea	myrtilletosum
ROCHE-MERE	SERPENTINITES			PRASINITES	GNEISS	PRASINITES	GNEISS
STRATE ARBORESCENTE en %	55	40	40	75	75	55	50
<i>Larix decidua</i>	IV	V	V	III		V	V
<i>Picea abies</i>		II		V	V	III	I
<i>Pinus cembra</i>						III	III
- ARBUSTES							
<i>Larix decidua</i>	V	V	II	II		IV	V
<i>Picea abies</i>				V	V	II	
<i>Pinus cembra</i>					I	III	V
<i>Sorbus aucuparia</i>				II	IV	II	
<i>Lonicera nigra</i>				I		I	
- PLANTULES							
<i>Larix decidua</i>	III	II					
<i>Picea abies</i>				II	I	I	
<i>Pinus cembra</i>						II	III
LANDES/STRATE HERBACEE en %	70	60	85	80	65	80	85
NEUTROPHILES							
- XEROMESOPHILES							
<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>praecox</i>	V	III					
<i>Carlina acaulis</i>	III	III					
<i>Anthyllis vulneraria</i>	II	I					
- MESOXEROPHILES							
<i>Sesleria albicans</i>	III	I					
<i>Laserpitium latifolium</i>	IV	I					
<i>Thlaspi alpinum</i>	V	IV	I				
<i>Carex fimbriata</i>	I	I	I				
ACIDOCLINES							
- XEROMESOPHILES							
<i>Silene vulgaris</i>	IV						
<i>Carduus defloratus</i>	V						
<i>Galium pumilum</i>	IV	V	II				
<i>Festuca luedii</i>	IV	V	V	I	I	I	II
- MESOXEROPHILES							
<i>Brachypodium pinnatum</i>	I	IV					
<i>Rhinanthus aristatus</i>	III						
<i>Lotus corniculatus</i>	V	V	II				
<i>Dactylorhiza sambucina</i>	IV	I	I				
<i>Nigritella nigra</i>	IV	I	I				
<i>Leucorchis albida</i>	III	III	II				
<i>Ranunculus montanus</i>	III	III	II	I		II	II
- MESOPHILES							
<i>Oxalis acetosella</i>				I	I	I	II
ACIDOPHILES							
- XEROMESOPHILES							
<i>Calluna vulgaris</i>	II	IV	I				
<i>Solidago virga-aurea</i>	II	IV					
<i>Festuca ovina</i>	IV	V	II				
<i>Leucanthemum vulgare</i>	V	V	III				
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	IV	III	V	II		I	I
- MESOXEROPHILES							
<i>Vaccinium uliginosum</i>	I		V			II	
<i>Plantago serpentina</i>	III	I					
<i>Antennaria dioica</i>	V	V	I				
<i>Astrantia minor</i>	I	III	IV				
<i>Hieracium murorum</i>	V	V	V	V	V	III	II
<i>Deschampsia flexuosa</i>	III	V	IV	V	V	V	V
<i>Orthilia secunda</i>				II	III	I	
- MESOPHILES							
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	IV	III					
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	II	V	V	III	II	V	V
<i>Homogyne alpina</i>	I		V	II		III	III
<i>Luzula nivea</i>				V	V	I	I
<i>Melampyrum sylvaticum</i>				V	V	III	I
<i>Luzula sylvatica</i>				IV	III	I	
<i>Saxifraga cuneifolia</i>				II	IV	II	II
<i>Calamagrostis villosa</i>				II		III	III
HYPERACIDOPHILES							
<i>Vaccinium myrtillus</i>	III	I	V	V	V	V	V
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	I	V	IV	IV	II	IV	I
<i>Luzula luzultra</i>				I	I	I	I
EURYPHILES							
<i>Juniperus nana</i>	V	V	IV	I		V	II
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	II	I		I		I	II
MOUSSES et LICHENS %				18	3	35	
<i>Dicranum scoparium</i>				IV	III	II	
<i>Pleurozium schreberi</i>				III	I	IV	
<i>Rhytidadelphus triqueter</i>				III	I	III	
<i>Hylocomium splendens</i>				III	I	I	
<i>Barbilophozia lycopodioides</i>					I	I	

La pinède de basse altitude (1200 à 1500 m) occupe des pentes rocheuses orientées au sud, au contact de la chênaie pubescente souvent infiltrée de châtaignier et de pin sylvestre. La végétation (Tab. III) est alors le reflet de la xéricité de la pinède beaucoup plus que d'une altération très limitée de la roche (Tab. II). La litière du pin favorise l'extension des caractéristiques acidophiles du *Deschampsio-Pinetum*, alors que sur les plages plus sableuses du sol des espèces de milieu peu désaturé remontent de la chênaie (*Coronilla emerus*, *Ononis repens*, *Anthyllis vulneraria*) aux côtés d'acidophiles comme *Genista germanica* et *Cytisus nigricans*. Par la présence de ces deux dernières espèces cette pinède constitue une association de transition entre le *Deschampsio-Pinetum sylvestris* et le *Cytiso-Pinetum* Br.BI. (= *Pineto-Cytisetum nigricantis* BRAUN-BLANQUET, 1932) de l'*Erico-Pinion* BRAUN-BLANQUET, 1939.

La pinède d'altitude (1500 à 1600 m) apparaît au nord des affleurements serpentiniques du Val d'Ayas. Cet ensemble recouvre des pentes souvent faibles (10 à 25%) d'orientation géographique générale plus mésophile (SW à W). La composition floristique, très comparable à celle des serpentinites, en diffère cependant par la constance de *Picea abies* et de *Pinus cembra* parmi les arbres et la présence de *Lathyrus montanus* dans le sous-bois. Comme sur serpentinites elle se rapporte à la sous-association à *Vaccinium vitis-idaea* du *Deschampsio-Pinetum sylvestris*. Avec l'humidité plus élevée une acidification bioclimatique modérée se manifeste marquée par une baisse du pH et du taux de saturation des horizons et une redistribution modérée de l'aluminium et du fer (Tab. II). Cette acidification se traduit dans la composition des groupements végétaux sans pour autant provoquer une évolution marquée des sols (ocreux humifères) vers la podzolisation, évolution qui ne sera réellement détectable qu'au passage à l'étage subalpin.

3 - Sur gneiss acides la pinède sylvestre est peu représentée en raison de l'exiguïté des affleurements. Elle occupe des pentes rocheuses d'exposition chaude. Dans ces conditions l'altération pédogénétique reste réduite et le caractère xérophile domine dans la végétation. Aux côtés des caractéristiques acidophiles du *Deschampsio-Pinetum sylvestris*, on retrouve des espèces acidoclines des autres pinèdes: *Festuca luedii* abondante, *Festuca crassifolia*, *Carex humilis*.

4 - Conclusion: Dans un contexte général d'acidification bioclimatique limitée et d'argilisation modérée (faible libération de cations basiques) le climax végétal est celui du *Deschampsio-Pinetum sylvestris*. Le facteur roche-mère n'intervient que secondairement pour moduler l'apparition de faciès. Mais on note des différences sensibles dans la composition floristique des faciès d'une part sur serpentinites, d'autre part sur prasinites ou gneiss, à l'exception de quelques parcelles à Ericacées dans des situations géomorphologiques particulières : les acidophiles dominant nettement sur prasinites et gneiss alors que les neutrophiles et les acidoclines l'emportent sur serpentinites. Le faciès à *Carex humilis* où la litière est bien intégrée au sol apparaît logiquement comme le moins acidophile.

L'ETAGE SUBALPIN

LA FORET SUBALPINE

Aux alentours de 1700 m d'altitude la forêt change radicalement de composition et les divergences stationnelles s'accroissent entre les différentes roches. Sur serpentinites le mélèze, déjà présent dans quelques faciès du montagnard (éboulis grossiers), constitue l'arbre clé du paysage forestier. Au contraire, sur prasinites et sur gneiss le mélèze se cantonne dans la partie supérieure de la forêt et ne représente qu'une essence de transition entre l'épicéa dans le bas de l'étage forestier et le pin cembro dans le haut. Sur ces pentes moins fortes la forêt résulte souvent d'une reforestation liée à la déprise agricole (LYABEL, 1962).

1 - Sur roches ultrabasiques le mélèze qui constitue le seul arbre adulte de la forêt remplace le pin sylvestre à partir de 1750 m environ. En haute vallée de Gressoney (Orsia) il a été possible de suivre, au travers de la composition floristique du sous-bois, la colonisation de l'éboulis jusqu'à la forêt climacique.

Dans les premiers stades de colonisation le mélèze présente un fort dynamisme (sol caillouteux et sableux). Avec l'absence quasi totale des ions de l'acidité et un pH KCl voisin de la neutralité. Les espèces neutrophiles (Tab. IV) (*Thymus praecox*, *Carlina acaulis*, *Sesleria albicans*, *Thlaspi alpinum* subsp. *alpinum*, *Laserpitium latifolium*) partagent le recouvrement avec les acidoclines (*Festuca luedii*, *Lotus corniculatus*, *Dactylorhiza sambucina*) et les acidophiles (*Festuca* gr. *ovina*, *Hieracium murorum*, *Deschampsia flexuosa*), ces dernières localisées sur les accumulations de litières mal décomposées. Dans ces sols secs et sableux la présence localement importante du magnésium se traduit par des sous-espèces différentielles (*Thlaspi alpinum* subsp. *sylvium*). Les myrtilles sont absentes ou rares en sous-bois. En l'absence totale du pin cembro et du pin à crochet, ce type forestier nous paraît devoir s'intégrer dans une sous-association nouvelle à mélèze du *Juniperion nanae* que nous proposons d'appeler *Junipero-Arctostaphyletum laricetosum*.

Une première évolution, toujours sur sol de type ranker, apparaît avec un enrichissement en terre fine (Tab. V). Une très faible acidification apparaît en surface mais le taux de saturation reste voisin de 100%. Les espèces neutrophiles xéromésophiles ainsi que les acidoclines régressent légèrement pendant que les espèces acidophiles tendent à présenter un recouvrement plus important, notamment *Vaccinium vitis-idaea* qui, par sa forte présence aux côtés du rhododendron, donne un aspect particulier à ce mélèzein encore très ouvert (Tab. IV), que nous rapporterons au *Rhodoreto-Vaccinietum vitis-idaea laricetosum*.

Le mélèzein à strate sous-ligneuse fermée, surtout celui du haut de l'étage, montre une forte dominance des espèces de la lande. Comme l'indique l'augmentation de la fraction fine du sol (Tab. V) l'altération progresse nettement ainsi que l'acidification aluminique limitée en surface. Les espèces neutrophiles disparaissent, les acidoclines diminuent, les acidophiles mésophiles dominant (*Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium uliginosum*,

VEGETATION DU HAUT VAL D'AOSTE

TABLEAU V - Caractères physico-chimiques des sols sous la forêt subalpine sur serpentinites, prasinites et gneiss en Val d'Aoste (Italie).

Horizon	Profondeur(cm)	Terre fine %	pH H ₂ O	pH KCl	Argile %	C/N	Bases échangeables m.e./100g				Tons de l'acidité m.e./100g		V(sol) %	*Eléments libres Al‰ Fe‰	
							Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺		Al‰	Fe‰
SERPENTINITES															
<i>Juripero-Arctostaphyletum</i> : Ranker colluvial à mull															
A ₁	0 - 10	39	6.30	6.25	6.5	30.6	2.80	1.29	0.08	0.17	0.07	0	97	0.4	2.7
A ₁ C	10 - 60	42	6.87	6.57	7.7	27.6	3.18	1.26	0.03	0.16	0.00	0	100	0.6	2.4
C	60 - 90	33	7.28	6.68	6.2	21.3	2.47	0.72	0.02	0.21	0.00	0	100	0.4	3.0
<i>Rhodoreto-Vaccinietum vitis-idaea laricetosum</i> : Ranker															
A ₁	0 - 8	71	5.55	4.73	8.5	23.0	3.94	3.59	0.30	0.04	0.20	0	97	0.8	1.4
A ₁ C	8 - 25	67	6.35	5.26	5.5	19.5	0.56	2.60	0.10	0.03	0.05	0	98	0.9	1.2
<i>Rhodoreto-Vaccinietum Laricetosum</i> : Sol brun ocreux															
A ₀ A ₁	0 - 4	94	4.40	3.60	n.d.	33.7	5.96	9.24	0.42	0.13	2.10	0.95	84	1.4	3.6
A ₁ 2	4 - 14	70	5.00	3.74	8.2	29.0	1.87	3.55	0.08	0.20	2.80	0.60	63	1.1	6.2
Bh	14 - 22	94	5.80	4.46	9.6	16.4	2.37	4.71	0.06	0.12	0.95	0.00	88	1.5	7.0
Bs	22 - 50	63	6.00	4.82	4.9	10.3	3.56	1.38	0.02	0.06	0.45	0.00	92	1.3	3.1
IIC	50 - ...	66	6.10	4.88	3.5	n.d.	0.37	0.71	0.02	0.13	0.40	0.00	75	1.1	5.4
PRASINITES															
<i>Piceetum subalpinum Vaccinietosum vitis-idaea</i> : Sol ocre podzolique															
A ₀ A ₁	0 - 12	87	5.33	3.29	n.d.	31.2	11.25	4.46	n.d.	n.d.	1.17	1.42	86	0.35	1.4
A ₁ 2	12 - 27	67	4.46	3.46	7.0	31.4	1.53	1.26	1.38	0.21	5.78	1.39	38	0.50	2.1
Bh	27 - 42	33	5.84	4.47	9.0	31.9	0.20	0.91	0.22	0.16	1.37	0.00	52	4.90	12.0
Bs	42 - 62	42	6.13	5.19	2.0	26.7	0.32	0.52	0.13	0.16	0.30	0.00	79	3.50	10.0
IIC	62 - ...	62	6.48	5.08	6.3	n.d.	0.98	1.20	0.10	0.10	0.64	0.00	76	0.35	1.40
<i>Rhodoreto-Vaccinietum Cembretosum Vaccinietosum vitis-idaea</i> : Sol podzolique															
A ₀ A ₁	0 - 12	61	4.82	3.81	3.5	25.4	2.67	1.27	n.d.	n.d.	2.02	0.38	61	1.5	1.4
A ₂	12 - 20	66	5.02	4.08	1.8	25.3	0.06	0.36	n.d.	n.d.	3.33	0.15	11	1.5	1.2
Bh	20 - 35	67	5.70	4.60	2.0	22.8	0.06	0.23	n.d.	n.d.	1.74	0.00	14	4.0	4.0
Bs	35 - 80	72	5.85	4.82	1.8	21.4	0.05	0.14	n.d.	n.d.	1.20	0.00	14	3.8	3.6
B/C	80 - ...	60	5.84	4.73	1.0	n.d.	0.02	0.15	n.d.	n.d.	0.66	0.00	20	2.4	1.2
GNEISS															
<i>Piceetum subalpinum myrtilletosum</i> : Sol brun oligotrophe ocreux															
A ₀ A ₁	0 - 7	98	3.82	2.76	6.8	27.8	4.77	2.82	n.d.	0.14	1.95	3.29	55	1.9	1.0
A ₂	7 - 11	77	3.69	2.84	8.0	25.0	0.59	0.83	0.10	0.13	6.54	2.76	14	2.3	1.4
Bh	11 - 18	74	3.98	2.91	6.0	23.9	0.05	0.30	0.04	0.10	7.80	2.24	5	2.4	1.9
Bs	18 - 25	68	4.35	3.54	7.3	24.8	0.01	0.12	0.05	0.10	7.14	1.22	3	2.8	4.2
B/C	25 - ...	55	4.64	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	0.16	0.07	0.11	4.45	0.70	6	2.6	1.6
<i>Rhodoreto-Vaccinietum Cembretosum myrtilletosum</i> : Podzol humo-ferrugineux jeune.															
A ₁	0 - 7	70	4.41	3.64	6.5	25.0	5.12	1.62	0.46	0.19	2.15	0.97	69	1.2	1.4
A ₂	7 - 15	61	3.82	3.64	7.5	28.4	0.31	0.22	0.13	0.20	5.11	0.57	12	1.8	0.9
Bh	15 - 20	66	4.10	3.90	7.8	34.4	0.07	0.11	0.08	0.16	4.98	0.16	7	2.3	1.5
Bh/Bs	20 - 40	63	4.91	4.34	4.0	22.0	0.05	0.05	0.06	0.14	2.25	0.00	11	3.6	3.0
Bs	40 - 50	60	4.65	4.38	3.5	20.6	0.07	0.04	0.06	0.09	1.70	0.00	12	6.8	4.2
C	50 - ...	40	4.82	4.32	1.8	n.d.	0.15	0.05	0.03	0.13	0.90	0.00	26	4.9	2.5

*Formes amorphes (réactif de Tamm).

Vaccinium myrtillus) avec les mésohygrophiles (*Homogyne alpina*). Ces espèces montrent bien que cette forêt est apparentée au *Rhodoreto-Vaccinietum laricetosum* (Tab. IV).

Dans tous les cas l'effet serpentinique, corroboré à un fort rapport Mg⁺⁺/Ca⁺⁺, se marque par la présence d'une espèce que nous observerons inféodée aux serpentinites à l'étage alpin : *Carex fibriata*.

2 - Sur prasinites et gneiss, au bas de l'étage, la forêt est dominée par l'épicéa à partir de 1600 m.

Avec une acidification rapide des horizons de surface, voire des profils entiers, le complexe adsorbant est fortement aluminisé, surtout sur les gneiss (Tab. V) La végétation se caractérise par la présence presque exclusive des espèces acidophiles (Tab. IV). L'abondance et la dominance des vacciniées, la présence d'espèces différentielles comme *Orthilia secunda*, *Deschampsia flexuosa*, *Hieracium murorum*, *Melampyrum sylvaticum*, *Luzula sylvatica* et *Luzula luzulina*, *Saxifraga cuneifolia*, *Homogyne alpina*, *Geranium sylvaticum*, *Lonicera nigra* apparentent ces pessières au groupement du *Luzulo-*

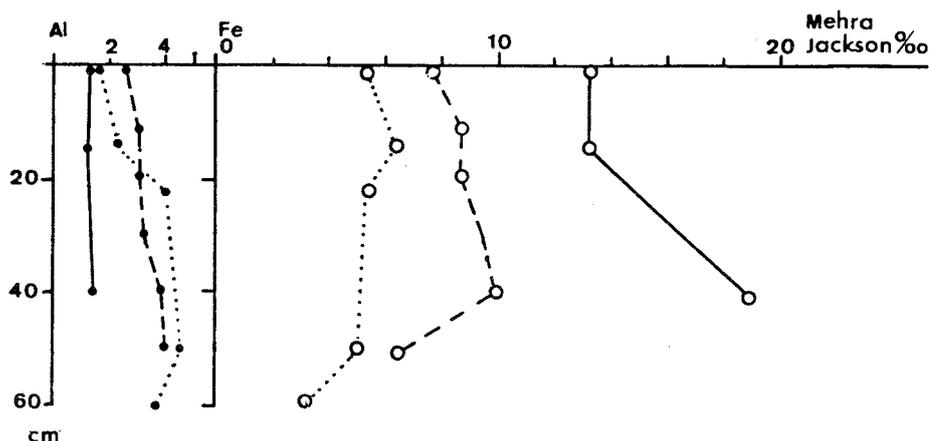
luzulinae Piceetum (ou *Piceetum subalpinum* Br.-Bl. 1936) avec des nuances différenciant les deux types de roches. Sur prasinites la forte présence de *Vaccinium vitis-idaea*, *Deschampsia flexuosa*, *Anthoxantum odoratum* apparente la pessière à la variante *Vaccinietum vitis-idaea* du *Piceetum* décrite par BRAUN-BLANQUET *et al.* en Engadine (1954). Dans son ensemble la pessière sur gneiss acides, par la dominance de *Vaccinium myrtillus*, l'abondance de *Luzula sylvatica*, *Melampyrum sylvaticum*, la constance de *Sorbus aucuparia* et l'absence du mélèze s'apparente à la variante *myrtilletosum* MAYER (1958) du *Piceetum subalpinum*. (notons l'absence de *Listera cordata*).

Dans le haut de l'étage la cembraie (Tab. IV) se rencontre sur prasinite et gneiss. Elle provient de l'évolution d'un mélèzein ancien vers le climax à pin cembro. Le mélèze se présente sous la forme de très gros arbres épars, à nombreux rameaux morts, et/ou rares arbustes grêles. Le pin cembro, rarement adulte, sauf sur gneiss, se présente alors sous la forme de sujets vigoureux, très droits et de belle venue.

Dans un contexte de sols acidifiés et podzoliques

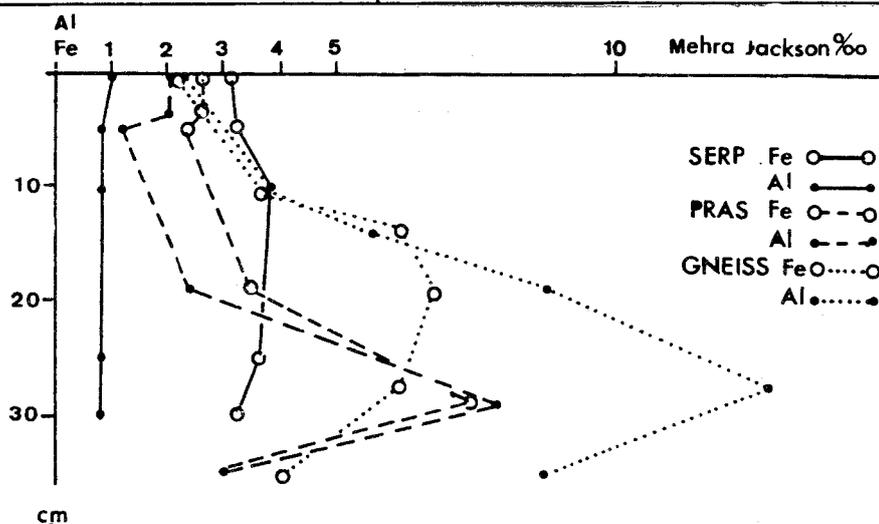
TABLEAU VI - Principales espèces des landes subalpines sur serpentinites, prasinites et gneiss en Val d'Aoste (Italie).

SERPENTINITES	PRASINITES	GNEISS
<i>Juniperus nana</i>	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	<i>Vaccinium myrtillus</i>
	<i>Anthoxantum odoratum</i>	
<i>Bupleurum ranunculoides</i>	<i>Pedicularis tuberosa</i>	<i>Arnica montana</i>
<i>Festuca luedii</i>		<i>Achillea atrata</i>



a - *Junipero-Arctostaphyletum* - Végétation et Redistribution de Fe et Al dans les sols bruns.

SERPENTINITES	PRASINITES	GNEISS
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	<i>Vaccinium uliginosum</i>	<i>Homogyne alpina</i>
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	<i>Deschampsia flexuosa</i>
<i>Thlaspi alpinum ssp sylvium</i>		
<i>Festuca luedii</i>		



b - *Rhodoreto-Vaccinietum* - Végétation et Redistribution de Fe et Al dans les sols bruns (serpentinites) et les sols podzoliques (prasinites et gneiss).

Extraction Mehra-Jackson (formes amorphes et oxydes du fer et de l'aluminium).

VEGETATION DU HAUT VAL D'AOSTE

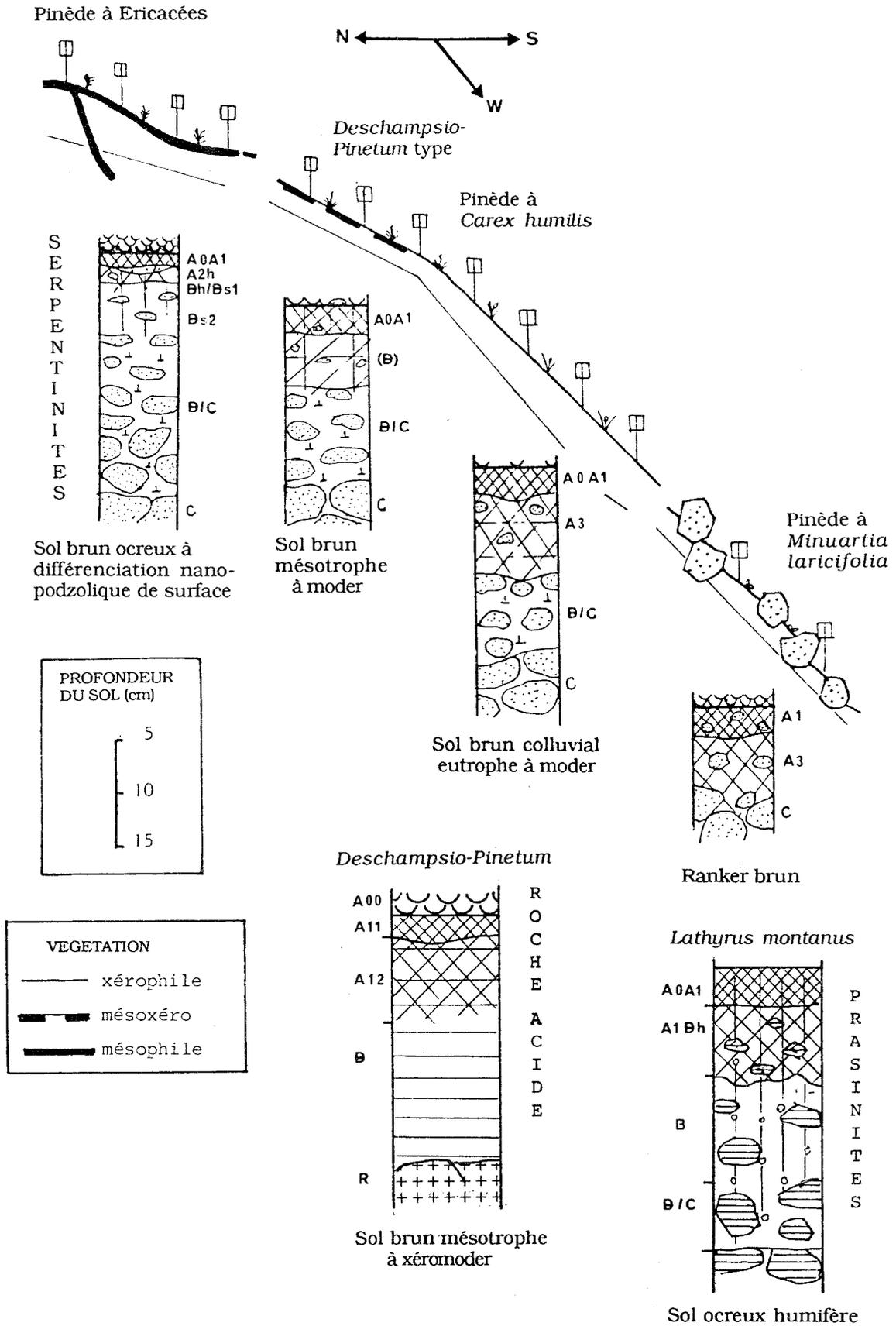


Fig. 4 - Sols des différents faciès de la pinède sylvestre en Val d'Aoste (Italie).

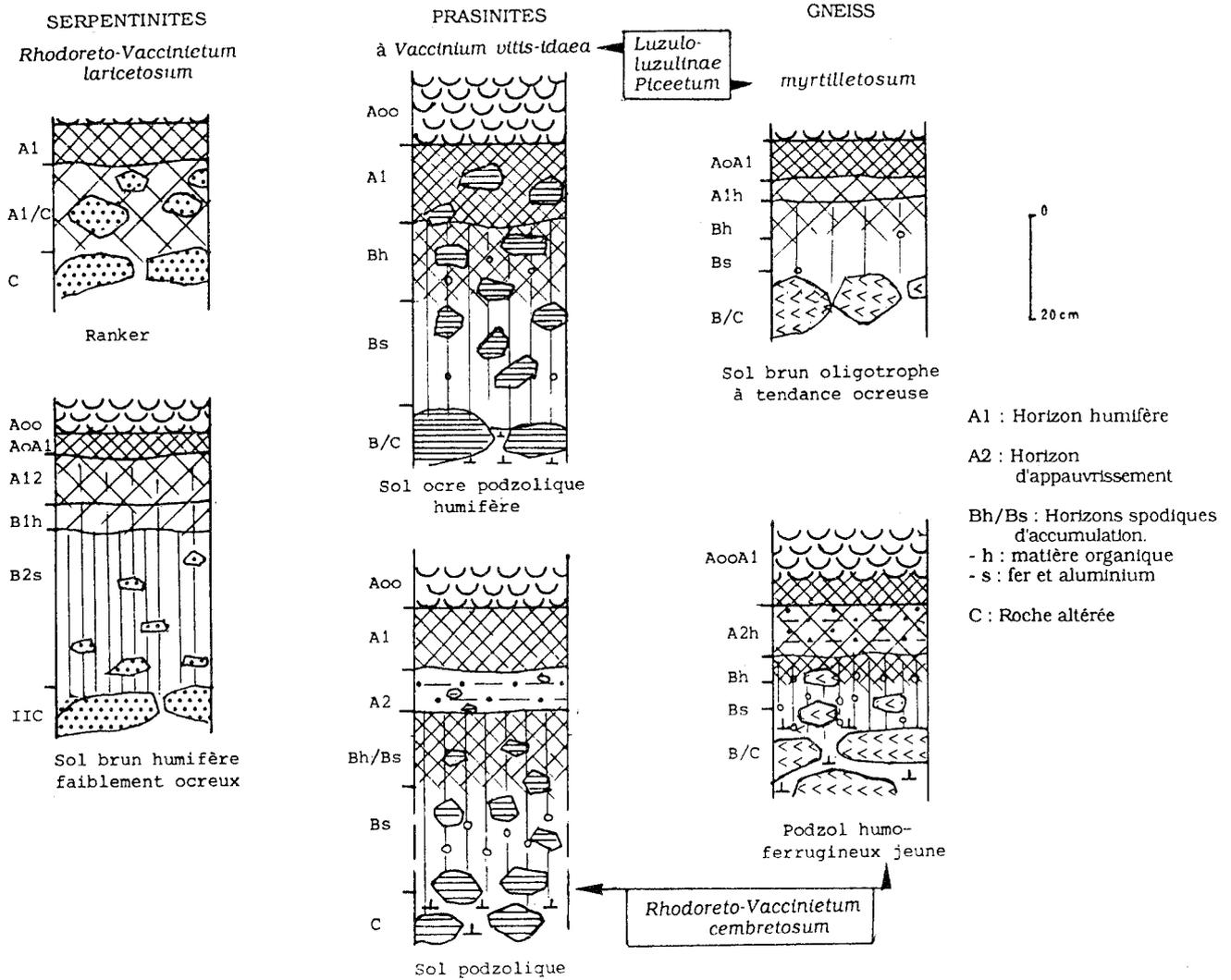


Fig. 5 - Caractères morphologiques et nature des profils de la forêt subalpine en Val d'Aoste (Italie).

(différenciation maximum sur gneiss) les espèces acidophiles assurent une dominance quasi absolue dans les strates herbacées et la lande. Les espèces mésophiles caractéristiques de l'association du *Rhodoreto-Vaccinietum* (BRAUN-BLANQUET *et al.*, 1954) sous-association *Cembretosum* (*Pinus cembra*, *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Calamagrostis villosa*, sont constantes et/ou dominantes. Les mousses sont largement représentées sur prasinites: *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Hylocomium splendens* dans les parties les plus fraîches, alors que *Rhytidiadelphus triqueter* se limite aux plages un peu plus ensoleillées. La présence des bryophytes traduit indiscutablement un pédoclimat frais et suffisamment humide qui s'oppose au pédoclimat plus xérique des sols serpentiniques dépourvus de mousses.

Comme pour la pessière, des nuances d'acidiphiles distinguent groupements sur prasinites (variante à *Vaccinium vitis-idaea*) et sur gneiss (variante à *myrtilletosum*), où la podzolisation s'affirme.

3 - D'une façon générale (Fig. 5) les sols brunifiés, faiblement ocreux et à humus acide des serpentinites s'opposent aux sols podzologiques plus ou moins humifères et aux podzols développés sur prasinites et gneiss acides (Tab. V). La redistribution précoce de l'aluminium (SOUCHIER, 1971) dès les stades acides de la brunification (JEANROY, 1983) différencie bien les roches : une redistribution nulle ou modérée sur ultrabasites ($K_{Al}^1 = 1,4$ et $Al < 1\%$ en B), très importante sur les deux autres roches ($K_{Al} > 2$), avec un maximum en Bh sur prasinites ($Al = 12\%$), en Bs sur gneiss ($Al = 7\%$).

Sur les fortes pentes des serpentinites, le mélange trouve des indications pédobiologiques primaires favorables à son installation et à son maintien : sécheresse édaphique assez élevée (LECOINTE, 1985) nuisible à l'implantation

¹ K_{Al} ou indice de redistribution est égal au rapport teneur en Al de B/teueur moyenne proportionnelle entre A₁ et C.

de l'épicéa, faible acidité des sols défavorable à la mycorhization du pin cembro (CONTINI & LAVARELLO, 1982). L'altération et l'argilisation des sols serpentiniques (VERGER, 1987 et 1989) permettent cependant une certaine humidité édaphique suffisante pour que le mélèze concurrence le pin à crochets qui, lui, s'adapte aux sols les plus secs (CADEL, 1980).

Sur prasinites et sur gneiss, l'évolution biochimique des sols est celle de la podzolisation. L'acidité et l'humidité édaphique favorisent alors l'installation de l'épicéa dans le bas de l'étage et du pin cembro dans le haut.

LES LANDES SUBALPINES

En limites supérieures de la forêt (2100 m environ), et avant que n'apparaissent les pelouses alpines (2400 à 2500 m), les landes succèdent au couvert forestier. La limite altitudinale inférieure des landes, homogène sur les trois roches et supérieure d'environ 200 m à celle observée dans les zones externes des Alpes (RICHARD et TONNEL, 1987), traduit l'égalisation climatique, y compris pédo-climatique, que l'on observe en se rapprochant de l'étage alpin de ces vallées. L'aspect général varie profondément selon l'exposition (lande d'adret à *Juniperus nana*, lande d'ubac à *Rhododendron ferrugineum*) et la topographie (crêtes ventées à *Loiseleuria procumbens*).

1 - Les landes d'adret du *Junipero-Arctostaphyletum* occupent les pentes sèches et chaudes sur les trois roches. Si, sur les trois matériaux, l'évolution biopédoclimatique, freinée par l'exposition, reste dominée par la brunification (Fig. 5), on note cependant une désaturation croissante des roches ultrabasiques aux roches acides: sols bruns eutrophes sur serpentinites, mésotrophes sur prasinites, cryptopodzoliques sur gneiss.

Dans un ensemble dominé par *Juniperus nana*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Vaccinium myrtillus* (Tab. VI) les espèces neutrophiles et acidoclines (*Bupleurum ranunculoides*, *Festuca luedii*) jouent le rôle de différentielles sur les sols saturés des serpentinites. Avec la désaturation, les espèces acidophiles (*Festuca loevis*, *Pedicularis tuberosa*, *Arnica montana*, *Achillea atrata*) dominent sur les autres roches.

Ce type de landes se rapproche de l'association du *Junipero-Arctostaphyletum* BRAUN-BLANQUET 1926, HAFFTER 1939. Cependant l'analogie n'est pas complète en raison de la présence des espèces du *Rhodoreto-Vaccinietum*. Le groupement sur serpentinites constitue l'échelon terminal extra-sylvatique du *Junipero-Arctostaphyletum laricetosum* précédemment décrit au sous étage forestier.

2 - Sur les versants frais (ubac et semi-ubac) et les crêtes on retrouve les groupements classiques du *Rhodoreto-Vaccinietum* et du *Cetrario-Loiseleurietum*. Dans les deux cas le caractère eutrophe ou mésotrophe des sols serpentiniques, sans phénomène de redistribution de Al et Fe (Fig. 6) s'oppose à l'évolution de type podzolique (C/N élevé dans tout le profil, redistribution marquée de Al et Fe, désaturation accentuée des horizons organo-minéraux surtout sous la rhodoraie), observée sur les autres roches. La relative uniformisation de la végétation de la rhodoraie

(présence importante des acidophiles telles que *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium myrtillus*, *Homogyne alpina*, *Deschampsia flexuosa*) pose le problème de la présence en abondance de ces espèces (et surtout la première) sur les milieux serpentiniques bien pourvus en bases. Le caractère eutrophe de ces sols apparaît avec la présence de *Festuca luedii* alors que *Thlaspi alpinum* subsp. *sylvium* révèle, localement, la richesse en magnésium du milieu. Le groupement sur serpentinites (parfois sur prasinites) se rapporte au *Rhododendro-Vaccinietum rhododendretosum* (= *extra-sylvaticum* PALLMANN et HAFFTER 1933) alors que les rhodoraies sur les autres roches, différenciées par l'apparition de *Pinus cembra*, se rapportent au *Rhododendro-Vaccinietum cembretosum* PALLMANN et HAFFTER 1933.

3 - Sous le *Cetrario-Loiseleurietum*, le pédoclimat moins humide et la proximité de la roche limitent la podzolisation sous prasinites et gneiss (Fig. 6). Avec la dominance de *Loiseleuria procumbens*, *Vaccinium uliginosum*, *Cetraria islandica*, *Cladonia rangiferina* les landes rases de crêtes se rattachent à l'association du *Cetrario-Loiseleurietum* BRAUN-BLANQUET 1926 nom. inv. (faciès à *Silene exscapa* sur serpentinites et parfois sur prasinites correspond à la sous-association *alectorietosum* SCWEINGRUBER, 1972). La présence de *Carex fimbriata* (espèce liée aux serpentinites et à la dominance du magnésium sur le calcium) représentant une tendance basoneutrophile spécifique aux ultrabasites et introduit une seconde et nouvelle variante à *Silene acaulis* et *Carex fimbriata* (VERGER, 1987) de l'association.

CONCLUSION SUR L'ETAGE SUBALPIN

Sous le mésoclimat plus humide de l'étage, la microdivision liée à l'altération bio-physico-chimique, et l'argilisation qui en résulte, affectent plus fortement les roches ultrabasiques que l'ensemble prasinites-gneiss (VERGER, 1989). Sous cette évolution le taux de saturation reste élevé sur ultrabasites (sols bruns eutrophes à faiblement mésotrophes) (Fig. 7) et la végétation, en dehors du développement apparemment paradoxal, du rhododendron sur des sols saturés, garde toujours un caractère moins acidophile : mélèze climacique au sous-étage forestier, sous-associations particulières (*Junipero-Arctostaphyletum* peu acide) et faciès spécifiques (rhodoraie à *Festuca luedii* et *Thlaspi alpinum* subsp. *sylvium*, lande de crêtes à *Carex fimbriata*) pour les landes. La richesse en magnésium de la roche se traduit de façon discrète et localement par la présence de *Thlaspi alpinum* subsp. *sylvium* et de *Carex fimbriata*.

Les prasinites, en raison de leur dureté qui conditionne une altération réduite même à cet étage, donnent naissance à des sols pauvres en bases à l'image de ceux des gneiss acides. Les végétations correspondant aux deux types de roches convergent donc et se rapportent aux groupements climaciques acidophiles classiques de l'arc alpin: pessière et cembraie pour la forêt, rhodoraie, junipéraie et loiseleuraie pour les landes ; cependant les faciès les plus acides s'observent toujours sur les gneiss.

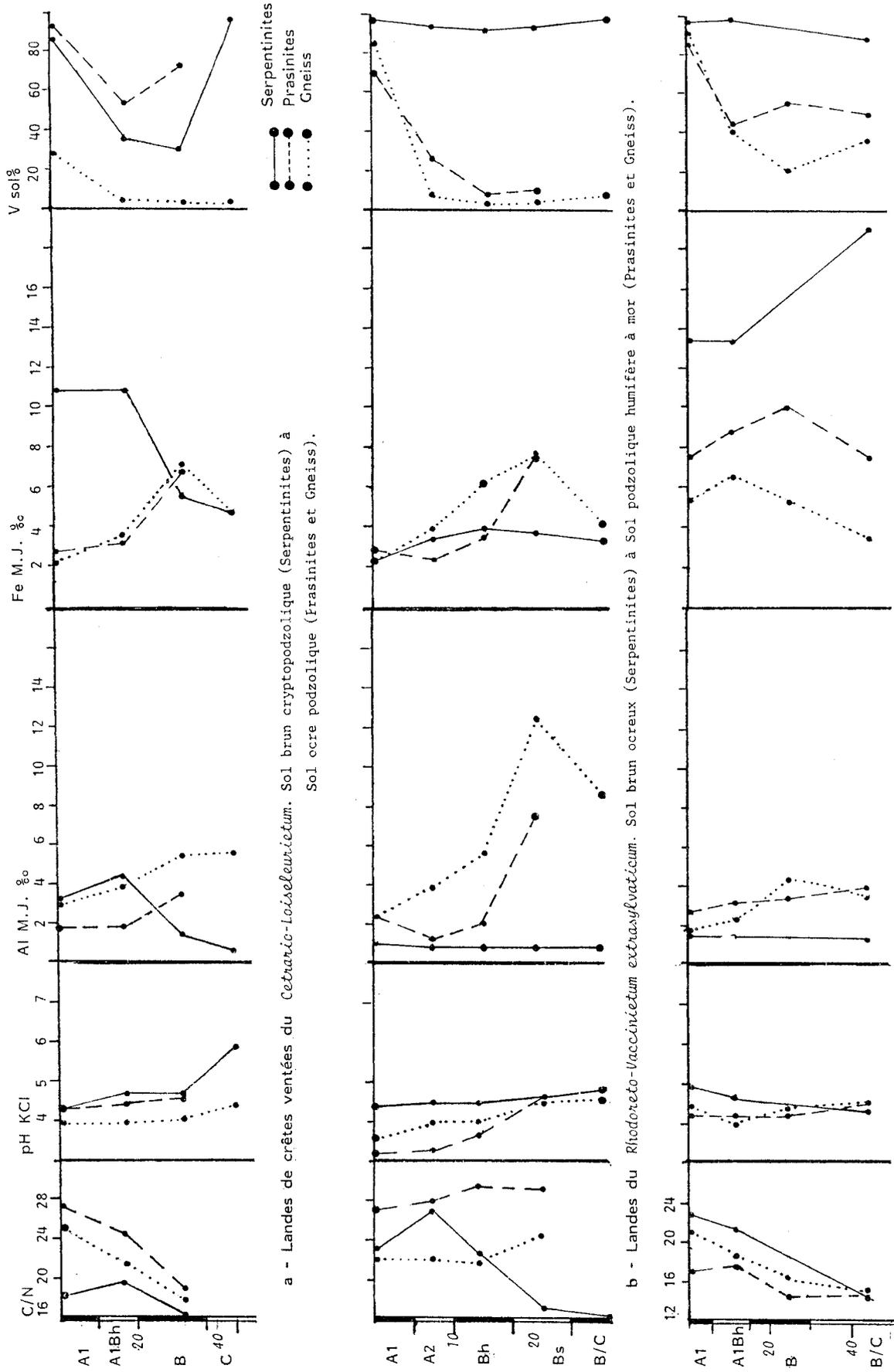


Fig. 6 - Principaux caractères physico-chimiques des sols sous les landes subalpines sur serpentinites, prasinites et gneiss en Val d'Aoste (Italie).

VEGETATION DU HAUT VAL D'AOSTE

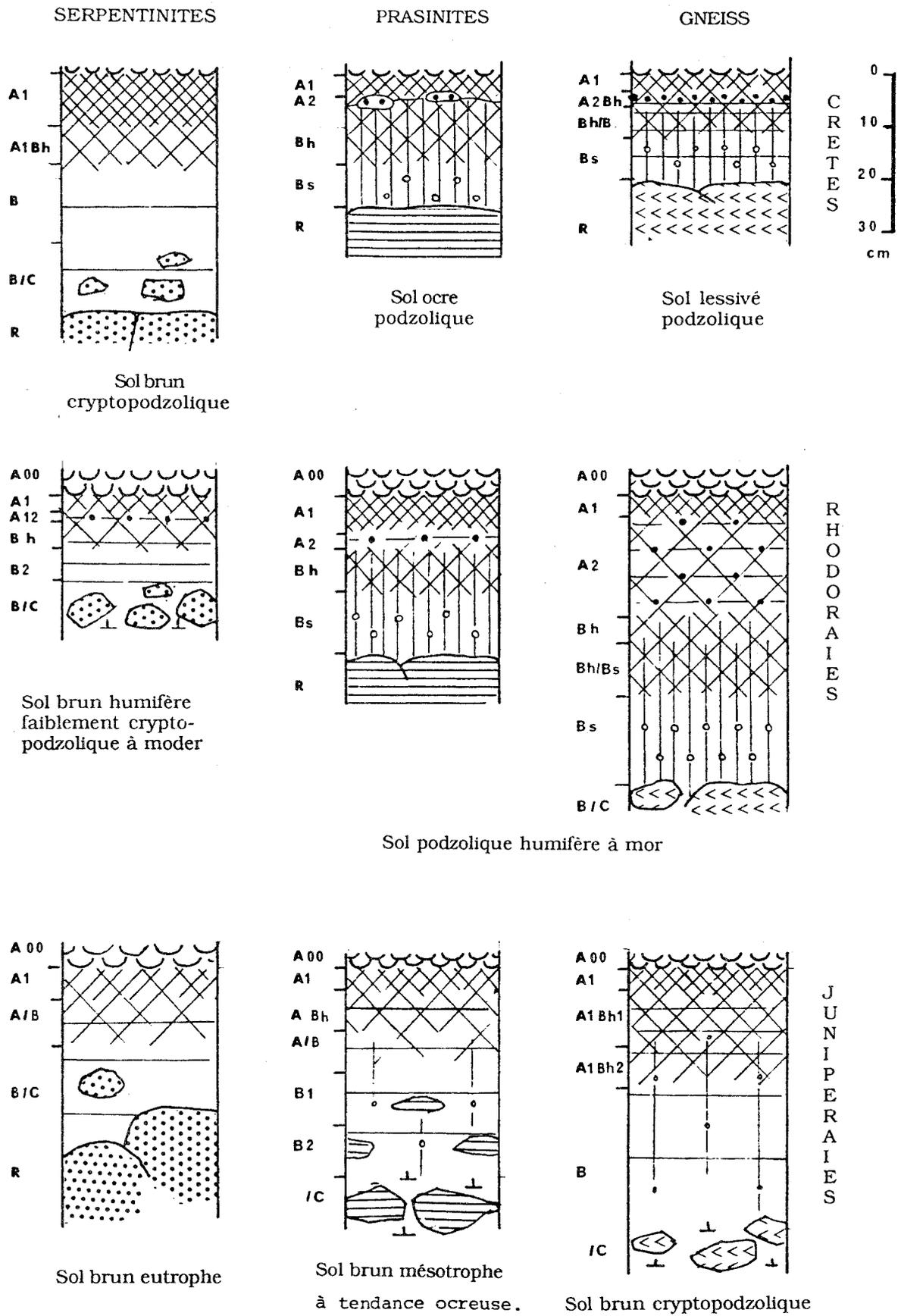


Fig. 7 - Principales espèces et principaux des profils de la lande subalpine en Val d'Aoste (Italie).

TABLEAU VII - Principales espèces des éboulis et pelouses alpines de mode thermique sur serpentinites, prasinites et gneiss en Val d'Aoste (Italie).

TYPES DE PELOUSES ASSOCIATIONS VEGETALES	EBOULIS			CRETES						PENTES			
	Thlaspeum rotundifolium	Campanula Saxifragetum	Festucetum pumilae	Cetrario-Elynetum	Seslerieto-Semperviretum	Curvuletum elynelosum	Taraxeto-Curvuletum	Caricetum curvulae alpinum	Festucetum halleri	Caricetum fimbriatae	Festuceto-Trifolietum thalii	Festucetum variae	Nardo-trifolietum
ROCHES-MERES	S P	P	S P	S	P	G	P G	S	P	G	P G		
BASOPHILES													
<i>Arabis alpina</i>	I	III IV											
<i>Campanula coenisia</i>													
<i>Draba aizoides</i>			IV	I	I	I				I	I		
NEUTROPHILES													
- MESOXEROPHILES													
<i>Thlaspi rotundifolium</i>													
subsp. <i>rotundifolium</i>	II	I	IV										
<i>Linaria alpina</i>	IV	IV V	IV										
<i>Doronicum grandiflorum</i>													
<i>Minuartia verna</i>			V	II	IV	I				V	I		
<i>Festuca pumila</i>			V	III		I				II			
<i>Aster alpinus</i>			II	IV				I					
<i>Helianthemum alpestre</i>				II									
<i>Agrostis alpina</i>				IV									
<i>Kobresia myosuroides</i>				V	II	V	II		I				
<i>Sesleria varia</i>				I	V								
<i>Bupleurum ranunculooides</i>				I	IV				I	I	III		
<i>Thlaspi alpinum</i> subsp. <i>alpinum</i>			I	I	II					III	I	III	
<i>Carex fimbriata</i>				II	III					V	I	III	
<i>Biscutella loevigata</i>				II	IV					III	II	II	
<i>Anthyllis vulneraria</i>										II	IV	II	
- MESOPHILES													
<i>Cerastium alpinum</i>	IV	I											
<i>Hutchinsia brevicaulis</i>	II	IV											
<i>Festuca violacea</i>	III	V	I	III	IV	II	I	I	I	V	II		
ACIDOCLINES													
- XEROMESOPHILES													
<i>Thymus polytrichus</i>			III	I									
<i>Festuca luedii</i>				I		I	I	I	IV		V	V	V
<i>Lotus alpestris</i>				II	I	I	I	II	III	IV	III	IV	IV
- MESOXEROPHILES													
<i>Thlaspi rotundifolium</i> subsp. <i>corymbosum</i>													
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	V	I	II							I			
<i>Carex rosae</i>	IV	I	I	I		I			I	I			
- MESOPHILES													
<i>Plantago alpina</i>				I	I	I	I	II	I	V	I	I	III
<i>Geum montanum</i>							IV	III		III	I	IV	III
<i>Trifolium thalii</i>										IV			V
ACIDOPHILES													
- XEROPHILES													
<i>Sempervivum montanum</i>						I	III	I		I	IV		
<i>Silene rupestris</i>								II		III	IV		
<i>Veronica fruticans</i>								I		III	III		
- XEROMESOPHILES													
<i>Achillea atrata</i>		I				I	III				IV	I	III
<i>Gentiana acaulis</i>				II	I					III	III	IV	III
<i>Anthoxanthum alpinum</i>						I		I		I	III	IV	V
<i>Minuartia recurva</i>						V		II			I	IV	
<i>Agrostis rupestris</i>						I							
- MESOXEROPHILES													
<i>Senecio halleri</i>		I	I			II	V	IV	III	II	III	III	I
<i>Juncus trifidus</i>				II	II	IV	III	III	V	I	IV	III	III
<i>Avenochloa versicolor</i>				II	I	II	IV	II	V	II	I	III	III
<i>Veronica bellidoides</i>				III		III	IV	IV	V	II	I	III	III
<i>Hieracium glanduliferum</i>				II		I	III	II	III		I	I	III
<i>Trifolium alpinum</i>						I	III	V		I	II	IV	III
<i>Nardus stricta</i>								I		I	III	III	V
<i>Pedicularis tuberosa</i>								III		I	II	I	I
<i>Trifolium pallescens</i>										I	I	I	III
- MESOPHILES													
<i>Poa alpina</i>				II	I			IV	I	V	I	I	IV
<i>Minuartia sedooides</i>						I		V	I			II	IV
<i>Pedicularis rhoetica</i>				II		II	III	II	II	I	I		
<i>Chrysanthemum alpinum</i>						V	V	III		I		II	I
<i>Carex eu-curvula</i>						V	V	II					
EURYPHILES													
<i>Carex sempervirens</i>			III	V	V	III	III	II	V	IV	IV	V	IV
LICHENS													
<i>Cetraria islandica</i>				V	I			III	I	II			
<i>Cetraria crispa</i>				III				II					
<i>Cladonia rangiferina</i>				III	I			II					
<i>Thamnotia div. sp.</i>				IV	I			II					
<i>Cetraria nivalis</i>				III				II					

S : Serpentinites - P : Prasinites - G : Gneiss.

L'ETAGE ALPIN

La complexité de la végétation à cet étage amène à considérer, en fonction de la durée plus ou moins longue de l'enneigement, un alpin de mode nival et un alpin de mode thermique (GUINOCHET, 1938 ; AUBERT *et al.*, 1965 ; OZENDA, 1966 ; DALMAS, 1972).

L'ALPIN DE MODE THERMIQUE

Un grand nombre de groupements végétaux entraîne une complexité accrue selon la nature de la roche (Tab. VII).

1- LA VEGETATION DES EBOULIS SECS apparaît tout autant liée à la granulométrie qu'à la nature de la roche.

- Les pierriers grossiers sur serpentinites et prasinites sont colonisés par les espèces caractéristiques du *Thlaspectum rotundifolii* BRAUN-BLANQUET 1947. C'est la variété *corymbosum* de *Thlaspi rotundifolium*, fréquente dans cette partie des Alpes, qui remplace le plus souvent la variété type basophile.

- Sur serpentinites, à inclusions calciques en loupes, fréquentes, plus rarement sur prasinites, les sols saturés de haut de pentes graveleuses et sèches, mais plus riches en éléments fins que les pierriers, sont colonisés par un groupement basophile (*Draba aizoides* est à son optimum) et neutrophile (*Festuca pumila*, *Linaria alpina*, *Minuartia verna*, *Thymus polytrichus*). Ce groupement, fréquent dans les vallées sèches des Alpes (observations de BRAUN-BLANQUET et THELLUNG 1921 à Zermatt, GUINOCHET 1938 dans la Tinée, VERGER 1974, LAVAGNE *et al.* 1983 en Queyras) se rattache au *Festucetum pumilae* BRAUN-BLANQUET 1913 et annonce les pelouses du *Seslerietum*.

- Très localement on observe, sur prasinites et sols saturés peu évolués d'érosion (VERGER, 1979), à l'abri de larges dalles, un groupement basophile dominé par *Arabis alpina*, *Campanula coenisia*, *Hutchinsia brevicaulis*, *Doronicum grandiflorum*. Ce groupement se rapporte au *Campanulo-Saxifragetum* Oberd. 1959 observé par RICHARD J.L. (1975) au Cervin et à l'Iseran et par ZOLLITSCH (1967-1968) dans les Alpes Centrales.

Les éboulis grossiers et moyens des gneiss sont colonisés par les espèces acidoclines de l'*Oxyrietum digynae* BRAUN-BLANQUET 1926 (*Oxyria digyna*, *Rumex scutatus*, *Cryptogramma crista*, *Cardamine resedifolia*).

Ainsi les premiers stades de désagrégation expriment essentiellement la composition chimique globale des roches et dissocient l'ensemble ultrabasique et basique (serpentinites et prasinites), des gneiss acides.

2- LA VEGETATION DES CRETES VENTEES

Les groupements des serpentinites sont les plus simples. Dans la partie supérieure de l'étage la strate lichénique (*Cetraria* et *Cladonia* divers, *Thamnotia tubuliformis* et *vermicularis*) a un recouvrement important parmi les herbacées, avec les espèces eurypiles (surtout *Carex sempervirens*) ce sont essentiellement des neutrophiles mésoxérophiles (*Kobresia myosuroides*, *Aster alpinus*, *Helianthemum alpestre*, *Agrostis alpina*) qui composent la pelouse. *Festuca rupicaprina*, espèce endémique des Alpes Centrales et de l'Est, présente son

développement optimum dans cette pelouse, et *Carex fimbriata*, strictement localisé aux serpentinites, apparaît dans ce groupement du *Cetrario-Elynetum* BRAUN-BLANQUET 1950.

Sur les sols graveleux des parties moyenne et basse de l'étage, les lichens et *Kobresia myosuroides* régressent. Les espèces caractéristiques du *Seslerion coerulae* (*Sesleria varia*, *Bupleurum ranunculoides*, *Biscutella laevigata*, *Anthyllis vulneraria*) dominant avec *Carex sempervirens* et *Festuca violacea* dans un groupement se rapportant au *Seslerieto-Semperviretum* BRAUN-BLANQUET 1926.

Sur prasinites, dans la partie supérieure de l'étage, on rencontre en transition assez brusque avec le *Festucetum pumilae* un groupement de faible étendue. Partagé entre les espèces neutrophiles (*Kobresia myosuroides* dominante), acidoclines (*Carex curvulae* subsp. *rosae*) et acidophiles du *Curvuletum* (surtout *Juncus trifidus* et *Minuartia recurva*) le groupement apparaît très voisin du *Curvuletum-elynetosum* BRAUN-BLANQUET 1926 décrit par GUINOCHET (1938) dans la vallée de la Tinée. Rapidement, avec la disparition de *Kobresia myosuroides*, ce groupement est dominé par les seules espèces acidophiles des *Caricetalia* (*Senecio halleri*, *Veronica bellidioides*, *Juncus trifidus*, *Avenochloa versicolor*, *Trifolium alpinum*, *Hieracium glanduliferum*, *Carex eu-curvula*). La forte présence de *Trifolium* (= *Tanacetum*) *alpinum* apparente ces pelouses au *Tanaceto-Curvuletum* GENSAC (1979) de Vanoise. A l'**alpin inférieur** les pelouses sont dominées par les espèces acidophiles : *Festucetum halleri*, *Juncus trifidus*, *Antennaria dioica*, *Trifolium alpinum* et on note le développement optimal des caractéristiques d'alliance (*Avenochloa versicolor*, *Minuartia recurva*) et d'association (*Pedicularis tuberosa*, *Agrostis rupestris*) du *Festucetum halleri* BRAUN-BLANQUET 1926 et plus particulièrement de la sous-association acidocline à *Carex sempervirens* GUINOCHET 1938 décrite dans la Tinée.

Les groupements sur gneiss de haute altitude montrent immédiatement un développement accru des acidophiles avec, en outre, *Festuca halleri* abondante. La discrétion de *Chrysanthemum alpinum*, la présence de *Minuartia sedoides* et de *Poa alpina* apparentent ce type de pelouse au *Caricetum curvulae alpinum* GUINOCHET 1938. La convergence climatique du subalpin supérieur se manifeste encore à l'**alpin inférieur** de sorte que les groupements y sont de même nature que sur prasinites. L'acidité plus forte des sols conditionne cependant le développement de la seule association type du *Festucetum halleri*.

3- LA VEGETATION DES PENTES traduit plus nettement l'originalité des groupements serpentiniques qui s'opposent aux groupements plus classiques des autres roches.

Sur les pentes serpentiniques d'exposition intermédiaire et les fissures de rochers riches en terre fine, se développe une association remarquable particulière à ce substrat et individualisée par *Carex fimbriata*. L'association se caractérise par la juxtaposition d'espèces

neutrophiles des *Seslerietalia* qui assurent la majorité du recouvrement (*Carex fimbriata*, *Dryas octopetala*, *Festuca pumila*, *Sesleria varia*, *Ligusticum mutellinoides*) et acidophiles des *Caricetalia* (*Antennaria dioica*, *Hieracium piliferum*, *Silene esxcapa*). Reconnue par GUYOT (1924) dans les endroits rocailleux du sud du Val d'Aoste le *Caricetum fimbriatae* (nouvelle association VERGER 1983, RICHARD J.L. 1985) constitue une association caractéristique de l'étage alpin sur serpentinites dans les Alpes Centrales et du Sud (VERGER, à paraître). Il apparaît comme l'homologue du *Curvuletum elynetosum* des autres roches. La présence de ce carex dans de nombreuses pelouses de l'étage rappelle la nature particulière de la roche.

Les pelouses colluviales de bas de pente, marquées par l'abondance de *Festuca violaceae* et de *Trifolium thalii*, se rattachent à l'association du *Festuceto-Trifolietum thalii* (RUBEL 1912, BRAUN-BLANQUET 1926).

En position topographique voisine sur prasinites et gneiss les pelouses diffèrent nettement dans leur composition floristique avec la dominance de *Nardus stricta* et la disparition de *Trifolium thalii*, remplacé par *Trifolium pallescens*.

Sur prasinites, la tonalité écologique de la nardaie traduit une acidité modérée. Les acidophiles dominent (*Nardus stricta*, *Pulsatilla vernalis*, *Hieracium pilosella*, *Poa alpina*, *Anthoxantum alpinum*) mais les acidoclines constituent un élément important par *Geum montanum*, *Plantago alpina*, *Festuca rubra* susp. *fallax*. L'homologie se fait avec le *Nardo-Trifolietum festucetosum rubrae* de Vanoise (GENSAC 1979).

Le groupement sur gneiss se distingue surtout par un enrichissement très net en caractéristiques de la classe des *Caricetea curvulae* dont *Gentiana acaulis*. Il s'apparente au *Nardo-Trifolietum gentianetosum Kochianae* GENSAC 1979 des substrats acides de Vanoise.

Le groupement du *Festucetum variae*, commun aux trois roches, occupe les pentes convexes d'exposition chaude. Les pelouses sont très largement dominées par *Festuca luedii*.

C'est sur prasinites et gneiss que le groupement est le plus complet. La plupart des espèces composant la pelouse sont des acidophiles (*Gentiana acaulis*, *Achillea atrata*, *Sempervivum montanum*, *Silene rupestris*, *Veronica fruticans*.) L'influence des acidoclines est surtout liée au développement de *Festuca luedii* et de *Lotus alpestris*. Le groupement sur prasinites présente une tonalité phytosociologique essentiellement xérophile avec un fort développement des espèces de pelouses ouvertes. Celui sur gneiss montre une mésophilie plus importante avec une régression des espèces précédentes et un recouvrement accru d'espèces de milieu à la fois chaud et humide : *Plantago alpina* et *Trifolium alpinum*.

L'originalité du groupement serpentinique résulte d'une part, d'un appauvrissement général en espèces, et, d'autre part, de l'importance accrue des différentielles de l'ordre des *Seslerietalia variae* (*Thymus polytrichus*, *Thlaspi alpinum*, *Biscutella laevigata*, *Anthyllis vulneraria*, *Bupleurum ranunculoides*). La présence de *Carex fimbriata* individualise un faciès nouveau particulier aux serpentinites qui s'ajoute donc aux cinq types de pelouses proposées par KAPLAN (1983) et relevant du *Festucetum variae*.

4- LES ANALYSES PEDOLOGIQUES (Tab. VIII) précisent les données floristiques observées.

Evolution texturale : L'argilogénèse constitue un phénomène important sur serpentinites où les processus apparaissent presque exclusivement liés aux processus de fragmentation définis par LEGROS (1982). C'est la voie de la brunification. Par contre sur prasinites et gneiss, l'analyse granulométrique traduit plutôt l'effet des phénomènes de dissolution souvent liés à la podzolisation. Sur ces mêmes roches, les sols de pentes fortes, moins évolués, sont caractérisés par un double processus de fragmentation et d'appauvrissement (LEGROS, 1982).

Acidité : Les serpentinites constituent un milieu à part dont l'acidification reste très limitée (pH KCl de 5 à plus de 6). Il en résulte des sols eutrophes, où les ions de l'acidité n'ont qu'un rôle réduit, qui oppose par exemple nettement le *Festucetum variae* des ultrabasites à celui des autres roches, où l'acidité est manifeste (Al sur prasinites, Al et H sur gneiss).

Fer et aluminium libres : La répartition de ces deux éléments, sous différentes formes, dont les formes complexées organiques (JEANROY 1983) permet d'affiner le degré d'évolution des sols. Les premiers stades de la "cryptopodzolisation" sont détectés par l'augmentation relative du Fer complexé mobile (extrait au tétraborate de sodium). Ainsi sur serpentinites, la quasi absence de fer complexé mobile et la prédominance des formes cristallines traduisent l'appartenance des profils à la série des sols bruns alpins eutrophes. Sur prasinites ces mêmes critères séparent les sols brunifiés des pelouses de pentes (sols eutrophes à mésotrophes) des sols bruns d'évolution ocreuse du *Festucetum halleri* (Fe Tetra/ Fe Pyro = 0,3) et du *Curvuletum* (Fe Tetra/ Fe Pyro >0,5 ; K Al de 2). Sur les gneiss l'évolution ocreuse se manifeste pratiquement dans tous les profils, atténuée seulement sous la pelouse colluviale à nard.

Ainsi le phénomène de la podzolisation, absent sur serpentinites, entrevu sous les pelouses de crêtes sur prasinites tend à se généraliser sur gneiss dans l'ensemble de l'étage alpin, rejoignant les observations de CARBIENER (1963) et ROBERT (1980). Les séquences sol-végétation à cet étage sont données par la figure 8.

5- L'ANALYSE CONJUGUEE DES RAPPORTS SOLS-VEGETATION précise l'autoécologie des principales espèces alpines de mode thermique et euryphiles.

Les diagrammes des espèces de mode thermique (fig. 8) reflètent leur distribution dans le paysage. *Festuca luedii*, *Juncus trifidus*, *Festuca halleri* satisfont leurs exigences thermiques en occupant les expositions chaudes et les crêtes du bas de l'étage. *Carex eucurvula* rejoint le saule herbacé dans ses exigences mésophiles et acidophiles. La répartition de *Festuca violacea* et de *Trifolium alpinum* traduit à la fois leurs exigences de thermicité et d'hygrophilie. En ce qui concerne la nutrition minérale, les cinq premières espèces et *Festuca violacea* présentent un optimum pour les milieux

VEGETATION DU HAUT VAL D'AOSTE

TABLEAU VIII- Caractères physico-chimiques des sols sous les groupements végétaux de mode thermique sur serpentinites, prasinites et gneiss en Val d'Aoste (Italie).

Horizon	Profondeur (cm)	Terre fine %	pH		Argile %	C/N	Bases échangeables en m.e./100g				Ions acidité en m.e./100g		V(sol) %	*Éléments libres	
			Eau	KCl			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺		Al%°	Fe%°
PELOUSES DE CRETES															
S : Cetrario-Elynetum															
A11	0 - 8		5,5	5,2	22,0	15,2	8,20	6,13	0,59	0,27	0,15	0	99	1,9	6,5
A12	8 - 12		5,9	5,5	18,5	16,0	2,77	3,15	0,10	0,23	0,08	0	98	2,7	8,5
B	12 - 25		6,0	5,3	11,0	14,4	2,34	2,05	0,10	0,20	0,08	0	98	3,2	7,7
B/C	25 - 45		6,2	5,4	10,5	16,0	1,89	1,58	0,09	0,30	0,06	0	98	1,7	5,0
Seslerieto-Semperviretum															
A1	0 - 12	54	6,3	5,0	8,0	13,3	5,44	3,60	nd.	nd.	0,87	1,98	75	1,1	1,6
A/B	12 - 40	50	6,6	5,2	9,5	12,2	5,06	4,11			0,18		97	1,5	2,1
B/C	>40	42	6,6	5,4	8,0	10,1	3,47	2,40			0,18		95	1,3	1,4
P : Tanacetum-Curvuletum															
A0A1	0 - 2		5,0	3,9	nd.	14,5	2,93	1,24	0,35	0,14	2,15	0,23	60	2,08	2,47
A/Bh	2 - 17		4,6	3,9	12,5	13,8	0,25	0,15	0,09	0,09	5,40	0,40	8	3,05	3,62
B	17 - 26		4,9	4,5	2,8	14,2	0,65	0,17	0,06	0,08	2,05		27	4,60	6,37
IIc	26 - 45		5,2	4,7	3,8	nd.	0,05	0,14	0,07	0,07	1,00		24	1,82	2,90
G : Caricetum curvulae alpinum															
A1	0 - 3	89	4,6	4,1	10,5	15,6	3,37	0,72	0,56	0,14	3,10	0,15	59	2,5	3,7
A1Bh	3 - 6	91	4,7	4,3	6,2	20,1	0,50	0,14	0,09	0,14	4,13	0,15	17	3,3	4,3
Bh	6 - 8	72	4,8	4,1	4,3	16,2	0,96	0,32	0,12	0,12	3,65	0,07	28	2,5	4,2
B/C	8 - 12	80	4,6	3,5	1,29	nd.	0,59	0,34	0,05	0,08	4,93	0,27	14	1,5	2,2
P : Festucetum halleri															
A1	0 - 4		4,8	3,8	6,0	14,6	3,60	0,96	0,18	0,11	1,06	0,20	80	1,4	2,8
A/B	4 - 10		4,9	4,3	5,3	13,6	1,37	0,28	0,05	0,08	1,82		50	1,6	3,4
(B)	10 - 28		5,1	4,5	3,5	13,8	1,20	0,23	0,04	0,07	1,62		49	2,5	5,2
(B)/C	28 - 38		5,0	4,6	3,5	15,6	0,25	0,07	0,02	0,06	1,64		20	3,0	5,8
G : Festucetum halleri															
A1	0 - 2	68	5,0	4,3	9,8	13,4	5,32	0,90	0,54	0,18	1,40	0	83	2,2	2,9
A1/Bh	2 - 7	61	4,8	4,4	6,0	13,6	2,11	0,45	0,30	0,20	4,30	0	42	7,0	6,4
Bh/C	7 - 15	61	5,0	4,5	5,8	16,0	0,38	0,20	0,14	0,11	3,60	0	19	7,5	6,0
C	> 15	48	5,2	4,4	2,3	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.				3,3	4,8
PELOUSES DE PENTES															
S : Caricetum fimbriatae															
A0A1	0 - 6	99	5,7	5,7	14,5	16,2	2,75	8,10	0,08	0,17	0,07	0	99	2,1	8,5
A12	6 - 11	99	5,8	5,7	24,5	14,2	2,37	7,08	0,08	0,12	0,10		99	2,4	9,2
A/B	11 - 30	97	6,0	5,3	25,1	13,7	0,49	2,06	0,05	0,12	0,07		99	0,6	3,7
B/C	30 - 35	45	6,2	5,7	9,0										
S : Festuceto-Trifolietum thalii															
A0A1	0 - 3	92	6,1	5,0			12,26	5,63	0,64	0,24	0,25	0	98	1,8	7,9
A12	3 - 6	92	5,8	4,6	10,3	12,7	5,17	2,63	0,15	0,09	0,45		94	2,1	8,7
A3	6 - 12	65	5,0	4,4	2,8	14,7	2,0	0,92	0,04	0,17	1,10		74	1,7	3,6
(B)	12 - 20	63	5,5	4,8	2,5	14,1	1,27	0,34	0,02	0,13	0,65		73	2,5	4,2
(B)/C	20 - 30	58	5,0	4,4	1,5	17,9	0,69	0,27	0,02	0,14	1,05		52	1,4	2,6
S : Varietum															
A1	0 - 7	60	5,9	5,6	7,5	17,8	3,96	7,60	0,40	0,10	0,15	0	97	0,25	3,20
(B)	7 - 27	60	6,5	6,2	6,4	14,1	1,48	3,48	0,03	0,09	0,03		98	0,35	3,30
(B)/C	27 - 40	53	6,3	5,5	5,5	14,0	1,05	2,90	0,03	0,06	0,03		98	0,55	3,45
P : Varietum															
A1	0 - 20	93	5,1	4,1	8,5	16,3	1,91	1,24	0,18	0,09	1,65	0,10	64	1,9	5,4
A/B	20 - 60	70	5,2	4,4	2,9	14,6	0,04	0,42	0,08	0,09	1,60		29	3,6	6,7
B/C	< 60	61	4,7	4,8	1,0	14,2	0,03	0,13	0,08	0,09	1,15		22	3,2	5,3
G : Varietum															
A1	0 - 15	81	4,9	4,0	14,8	13,9	3,44	1,11	0,59	0,17	2,73	0,15	64	2,1	4,4
A1Bh	15 - 18	60	4,6	4,2	8,3	13,8	0,94	0,29	0,21	0,13	3,31	0,05	31	3,3	6,1
B1	18 - 25	62	4,7	4,5	7,2	11,9	0,37	0,13	0,14	0,07	2,70		20	4,0	5,4
B2	25 - 45	58	4,9	4,7	2,8	11,7	0,05	0,03	0,05	0,03	1,55		9	3,3	3,3
B/C	> 45	60	5,0	4,8	2,0		0,07	0,02	0,04	0,06	0,97		16	2,0	1,9
P : Nardo-Trifolietum															
A1	0 - 7	91	5,6	5,1	4,5	16,9	9,72	2,30	0,59	nd.	0,19	0	99	2,4	4,0
A/B	7 - 20	85	5,5	4,7	5,3	13,7	2,83	0,31	0,20		0,87		78	3,4	5,2
B	20 - 45	71	5,7	4,8	3,4	13,4	1,23	0,06	0,10		0,54		72	4,4	5,2
C	> 45	65	5,7	4,9	1,8		0,73	0,03	0,08		0,34		71	3,4	2,6
G : Nardo-Trifolietum															
A1	0 - 4		5,0	4,1	11,4	12,9	7,58	2,69	1,53	0,13	1,17	0,10	89	1,6	5,2
A1Bh	4 - 20		4,9	4,1	10,8	13,0	0,42	0,24	nd.	0,08	4,27	0,14	14	2,5	7,6
B	20 - 40		4,8	4,3	5,3	15,0	0,12	0,11	nd.	0,06	2,72		10	3,3	7,2
C	> 40		5,0	4,4	1,7	17,0	0,03	0,07	nd.	0,06	2,22		7	2,9	4,0

* Formes amorphes.

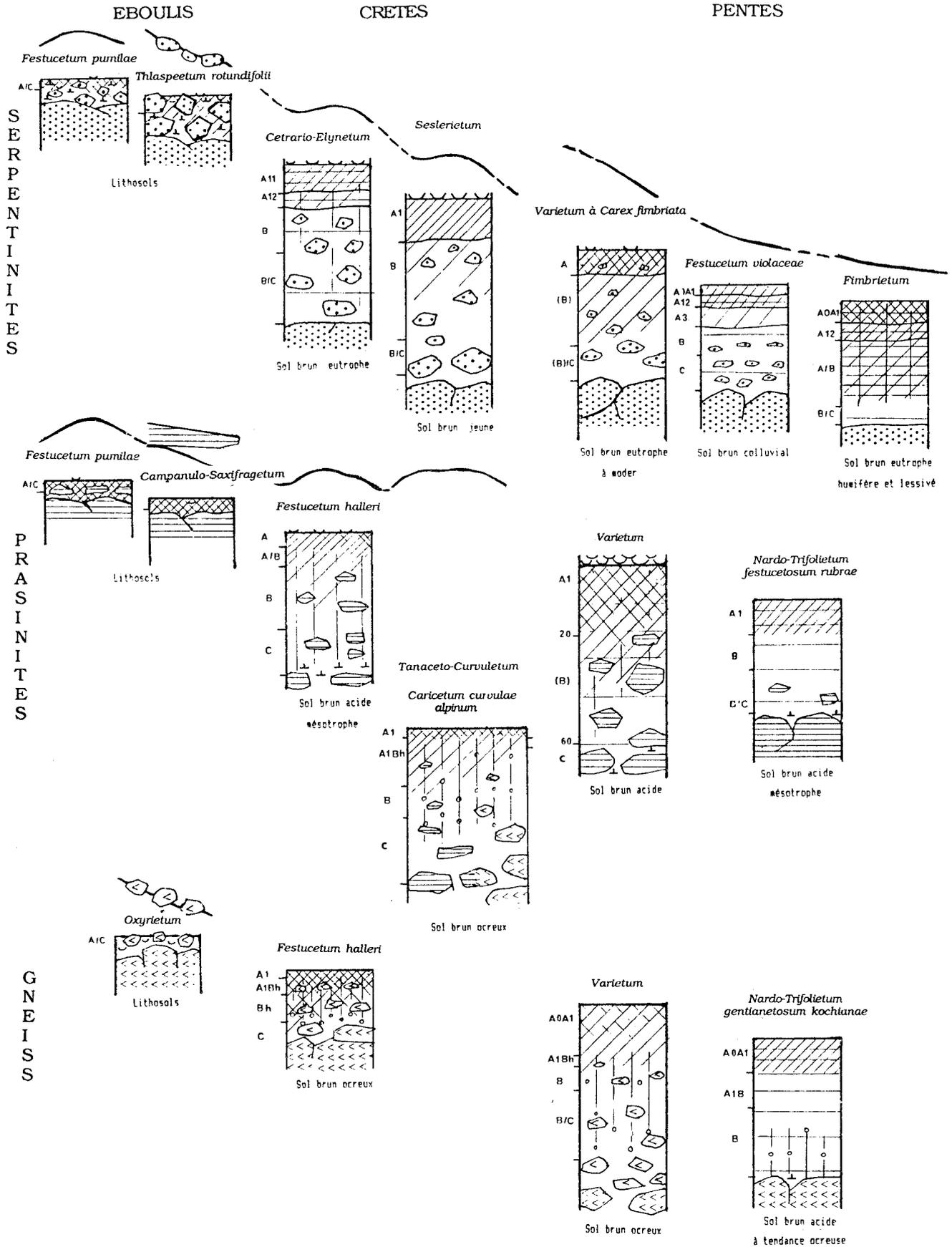


Fig. 8 - Caractères morphologiques et nature des profils de la séquence thermique à l'étage alpin en Val d'Aoste (Italie).

eutrophes. *Carex fimbriata* se limite aux sols neutres qui se développent de façon durable sur les seules serpentinites en Val d'Aoste. A l'exclusion de *Carex eu-curvula*, acidophile, les autres espèces malgré des préférences pour les sols acides peuvent occuper des stations au voisinage de la neutralité. Enfin les diagrammes légitiment les faibles différences de faciès observées: *preferendum acide* pour *Trifolium alpinum*, *Nardus stricta*, *Festuca halleri*, tendance acidocline pour *Juncus trifidus*.

Les espèces euryphiles s'observent à toute exposition et sur des sols désaturés à eutrophes (fig. 10). Leur plasticité à l'égard de l'économie de l'eau est généralement encore plus large. Elles témoignent toutefois de préférence. Le caractère xérophile est plus marqué pour *Phyteuma hemisphaericum* et *Carex sempervirens*, plus nuancé pour *Leontodon helveticus*, mésophile pour les autres. *Poa vivipara*, *Luzula lutea* et *Leontodon helveticus* préfèrent les sols très désaturés, *Carex sempervirens*, *Soldanella alpina*, *Polygonum viviparum* et *Hieracium piliferum* les sols faiblement désaturés. Les espèces euryphiles, de part leur plasticité, n'apportent aucune indication précise sur les conditions de milieu. Ce sont les espèces "compagnes" des phytosociologues.

La répartition et la nature des groupements végétaux de l'alpin de mode thermique oppose les deux ensembles pédogénétiques définis: serpentinites d'un côté, prasinites-gneiss de l'autre. Cependant les stades climaciques témoignent d'une certaine convergence des systèmes sol-végétation, moins nette toutefois que pour l'ensemble nival.

L'ALPIN DE MODE NIVAL.

1- LES GROUPEMENTS D'ÉBOULIS sont représentés dans la dition par cinq associations: le *Salicetum retuso-reticulatae* et le *Saxifragetum androsaceae* sur serpentinites, l'*Androsacetum alpinae* commun aux prasinites et gneiss, le *Luzuletum alpino-pilosae* sur prasinites et l'*Oxyrietum digynae* sur gneiss (Tab. IXa).

Aux côtés des espèces des éboulis (*Thlaspi rotundifolium* subsp. *corymbosum*, *Thlaspi alpinum* subsp. *alpinum*) les pierriers moyens et fins sur serpentinites sont dominés par les caractéristiques du *Salicetum retuso-reticulatae*: *Salix retusa* et *Salix reticulata*. Parmi ces groupements caractéristiques à l'étage alpin, les serpentinites se singularisent par la présence d'une association nouvelle à *Saxifraga androsacea* et *Saxifraga seguieri* sur éboulis fins et humides. Aux côtés des basophiles et neutrophiles mésoxérophiles (*Arabis alpina*, *Thlaspi rotundifolium* subsp. *corymbosum* très abondant) l'essentiel du recouvrement est assuré par les mésohygrophiles avec *Hutchinsia brevicaulis* et surtout *Saxifraga androsacea* et *Saxifraga seguieri*. Ces dernières, en cohabitant, donnent sa physionomie au groupement et jouent le rôle de différentielles. C'est une association acidocline, stable sur serpentinites, que la dominance des espèces basophiles et neutrophiles rapproche de la sous-association *Arabidetosum coeruleae* de l'association

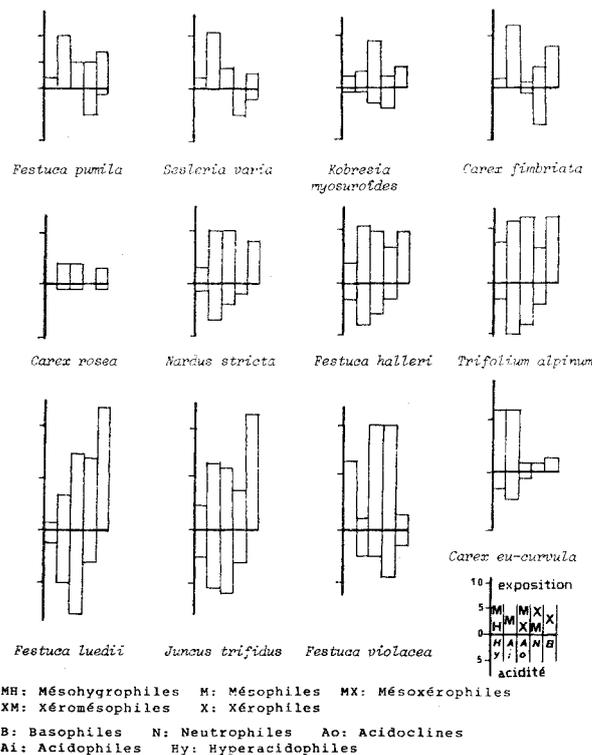


Fig. 9 - Autécologie des principales espèces alpines de mode thermique en Val d'Aoste (Italie).

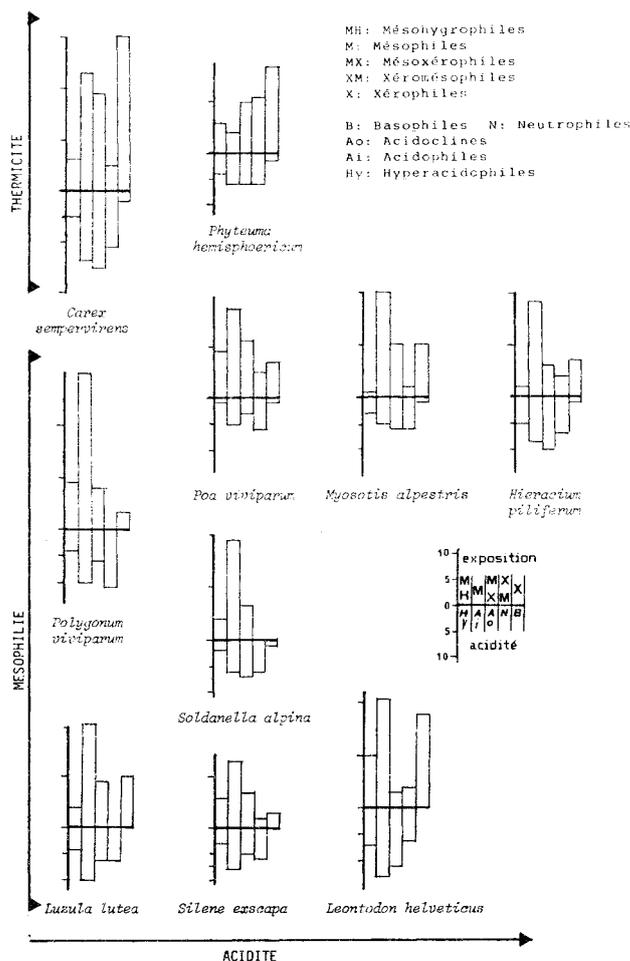


Fig. 10 - Autécologie des principales espèces alpines euryphiles en Val d'Aoste (Italie).

TABLEAU IX - Principales espèces des éboulis et pelouses alpines de mode nival sur serpentinites, prasinites et gneiss en Val d'Aoste (Italie).

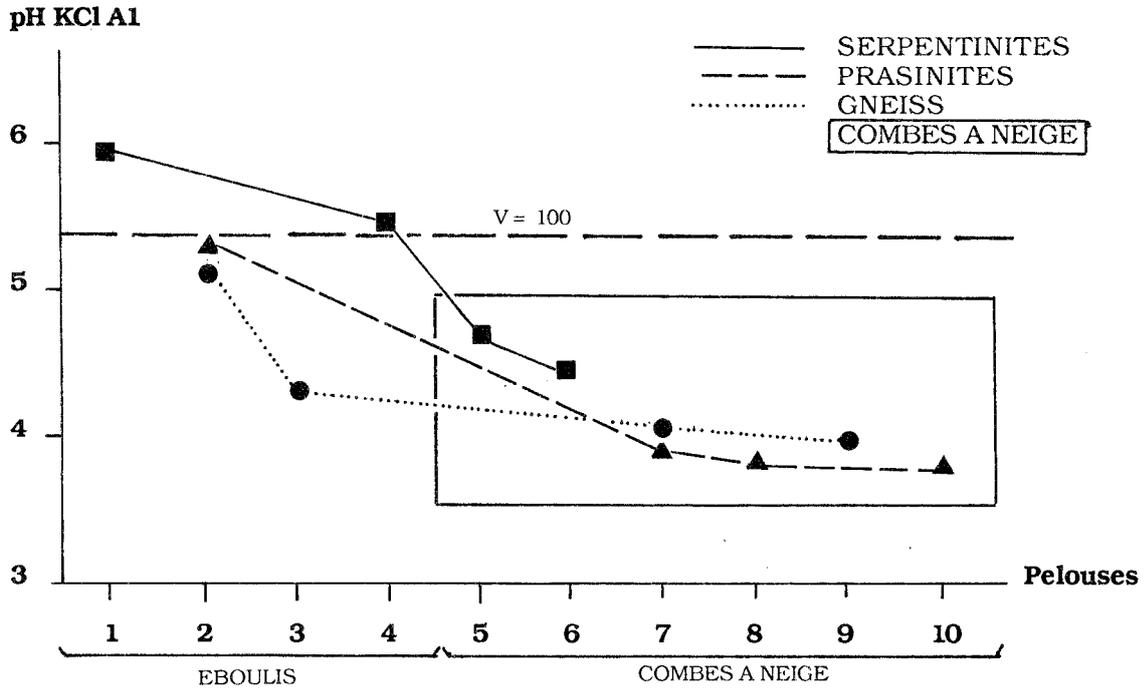
ASSOCIATIONS	<i>Salicetum retuso-reticulatae</i>	<i>Saxifragetum androsaceae</i>	<i>Oxyrietum digynae</i>	<i>Androsacetum alpinae</i>	<i>Luzuletum alpino-pilosae</i>
ESPECES des EBOULIS					
ROCHE-MERE	SERPENTINITES		GNEISS	PRASINITES GNEISS	PRASINITES
<u>BASOPHILES</u>					
- MESOPHILES					
<i>Salix retusa</i>	V				
<u>NEUTROPHILES</u>					
- MESOXEROPHILES					
<i>Sesleria varia</i>	V				
<i>Salix serpyllifolia</i>	III				
<i>Thlaspi alpinum</i>	III		I		
<i>Thlaspi rotundifolium</i> subsp. <i>corymbosum</i>	I	V	I		
<i>Arabis alpina</i>			IV		
<i>Linaria alpina</i>			IV		
- MESOPHILES					
<i>Salix reticulata</i>	V				
<i>Bartsia alpina</i>	V				
- MESOHYGROPHILES					
<i>Saxifraga androsacea</i>		V			
<i>Hutchinsia brevicaulis</i>		IV			
<i>Saxifraga seguieri</i>		V		III	
<i>Gentiana bavarica</i>		II		III	
<u>ACIDOCLINES</u>					
- MESOXEROPHILES					
<i>Achillea nana</i>					III
<i>Cardamina resedifolia</i>			V		III
MESOPHILES					
<i>Oxyria digyna</i>			V		
<i>Cryptogramma crispa</i>			IV		
<i>Androsace alpina</i>				V	
<i>Ranunculus glacialis</i>			IV	III	V
<u>ACIDOPHILES</u>					
MESOPHILES					
<i>Luzula alpino-pilosa</i>				II	V
<i>Chrysanthemum alpinum</i>				IV	V

a - Les groupements des éboulis.

ASSOCIATIONS	<i>Caricetum parviflorae</i>	<i>Caricetum foetidae</i>	type	<i>Salicetum herbaceae</i>		
ESPECES des COMBES				à <i>Alchemilla pentaphyllea</i>	à <i>Alchemilla et Sibbaldia</i>	<i>Polytrichum sexangulare</i>
ROCHE-MERE	SERPENTINITES		PRASINITES GNEISS	PRASINITES	GNEISS	
<u>ACIDOCLINES</u>						
- MESOPHILES						
<i>Carex parviflora</i>	V					
<u>ACIDOPHILES</u>						
- MESOPHILES						
<i>Chrysanthemum alpinum</i>				III		
<i>Sedum alpestre</i>	I	I	II	III		
<i>Carex eu-curvula</i>			II	IV	IV	IV
- MESOHYGROPHILES						
<i>Salix herbacea</i>	V	IV	V	V	V	V
<i>Carex foetida</i>		V		II	I	
<i>Alchemilla pentaphyllea</i>	III	V	III	V	IV	IV
<i>Omalotheca supina</i>	III	IV	II	V	IV	I
<i>Sibbaldia procumbens</i>		III			V	
<u>HYPERACIDOPHILES</u>						
<i>Polytrichum sexangulare</i>				III	III	V

b - Les groupements des combes à neige.

a - Evolution du pH KCl de l'horizon A1.



- 1 *Salicetum retuso-reticulata*
- 2 *Androsacetum alpinae*
- 3 *Luzuletum spadiceae*
- 4 *Saxifragetum androsaceae*
- 5 *Caricetum foetidae*

- 6 *Caricetum parviflorae*
- 7 *Salicetum herbaceae* type
- 8 *Salicetum herbaceae* avec *Sibbaldia procumbens*
- 9 *Salicetum herbaceae* avec *Alchemilla pentaphyllea*
- 10 *Polytrichetum sexangulare*

b - Variations du taux de saturation au sein du sol (pH KCl) selon la nature de la roche-mère.

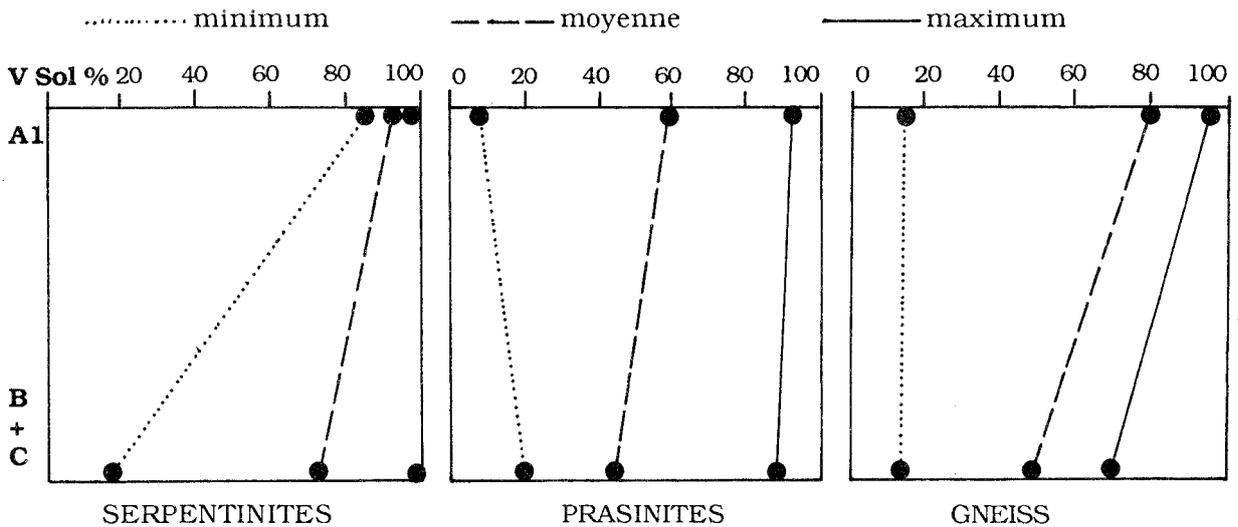


Fig. 11 - Niveau d'acidité comparé des sols des pelouses de mode nival à l'étage alpin en Val d'Aoste (Italie).

Saxifragetum biflorae ZOLLITSCH 1966.

Les autres groupements sur prasinites et gneiss sont ceux des éboulis siliceux. Une tendance neutro-acidocline (association de l'*Oxyrietum digynae*) domine sur les éboulis gneissiques grossiers. Les éboulis plus fins et frais s'enrichissent en espèces acidophiles de l'*Androsacetum alpinae* (*Androsace alpina* et *Ranunculus glacialis*) alors que sur les éboulis graveleux humides des prasinites les espèces mésohygrophiles du *Luzuletum alpino-pilosae* ont un développement optimum. (*Luzula alpino-pilosa*, *Cardamine resedifolia*).

Les sols d'éboulis sont pauvres en terre fine. C'est surtout le pH KCl (et donc le taux de saturation) qui différencie les divers groupements (fig. 11). Sur serpentinites les sols du *Salicetum retusae* et du *Saxifragetum androsaceae* sont saturés, peu acides, ce que traduit un rapport Ae/S très bas (<1). La richesse initiale en matière organique (20%) permet l'ébauche de la formation d'un complexe argilo-humique susceptible de maintenir une richesse en bases et un niveau de pH élevés.

Sur prasinites et gneiss la pauvreté en matière organique de l'*Oxyrietum* et du *Luzuletum* ne favorisent pas la formation du complexe argilo-humique. Les bases, faiblement retenues, sont entraînées hors des profils qui s'acidifient (Ae/S de 10 à plus de 100). Les sols de l'*Androsacetum*, plus riches en matière organique, sont moins désaturés (Ae/S de 0,1 en surface, <100 en profondeur).

Les groupements d'éboulis ne traduisent aucune convergence entre les roches et opposent les ultrabasites neutrophiles avec individualisation du groupement spécifique du *Saxifragetum androsaceae* à l'ensemble prasinites-gneiss qui réagit en substrat plus acidophile. La faible étendue des affleurements gneissiques en versant nord limite sans doute le développement du *Luzuletum spadiceae* sur cette roche. Ainsi les prasinites semblent apparaître comme le substrat le plus acidophile.

2 - LES GROUPEMENTS DES COMBES A NEIGE (Tab. IXb) sont représentés par quatre associations du *Salicion herbaceae*: *Caricetum parviflorae* et *Caricetum foetidae* sur serpentinites, *Salicetum herbaceae* et *Polytrichetum sexangularis* sur les autres substrats.

Il ne s'individualise aucun groupement spécifique des serpentinites mais ce sont les associations les moins acides qui s'y développent: *Caricetum parviflorae* différencié par *Carex parviflora*, espèce acidocline de faible amplitude écologique dans les combes les moins acides; le *Caricetum foetidae* FREY (1922) s'individualise par *Carex foetida* sur sols s'acidifiant en profondeur. (fig. 10); *Alopecurus gerardi* présent dans les Alpes occidentales (GUINOCHET, 1938 ; BRAUN-BLANQUET, 1954; VERGER, 1974 ; GENSAC, 1979 ; REYNIER, 1988) manque dans nos relevés du Val d'Aoste.

Sur les autres roches où les sols sont marqués par une forte acidité et désaturation dès la surface (Ae/S >100, Ca/Al voisin de 0, oligotrophie) les groupements du *Salicetum herbaceae* sont dominés par les espèces

acidophiles mésophiles et mésohygrophiles qui déterminent plusieurs faciès: à *Alchemilla pentaphyllea* en milieu relativement le moins humide (*Alchemillo pentaphyllae-Salicetum herbaceae* BRAUN-BLANQUET 1913), faciès à *Sibbaldia procumbens* plus mésophile, faciès à *Polytrichetum norwegici* (= *sexangularis*) (RUBEL 1912; BRAUN-BLANQUET 1926, terminologie de LECOINTE 1978) dans les dépressions humides et désaturées, longtemps enneigées.

3- L'ANALYSE CONJUGUEE DES RAPPORTS SOLS-VEGETATION sous les pelouses de mode nival nous amène à préciser l'autoécologie des principales espèces alpines d'éboulis et de mode nival à partir de la combinaison des deux facteurs, ions de l'acidité et économie de l'eau, au moyen d'histogrammes de fréquence.

L'autoécologie des espèces d'éboulis (Fig. 12) apparaît, sauf exception, relativement souple.

- Les espèces basophiles (*Draba aizoides*, *Arabis alpina*) sont exclues des expositions froides et acides alors que les autres espèces, relativement ubiquistes, apparaissent dans de nombreuses pelouses.

- *Thlaspi rotundifolium* subsp. *corymbosum* manifeste une tolérance plus importante que la variété type, plutôt basophile.

- Les espèces des éboulis frais (espèces acidoclines) s'accommodent rarement d'une dominance des ions de l'acidité. à l'exception d'*Androsace alpina* et *Luzula alpino-pilosa*.

Les espèces de mode nival (Fig. 13) sont susceptibles de supporter un enneigement prolongé et, par voie de conséquence, de s'accommoder d'une période de végétation courte pour réaliser leur cycle végétatif en été (1 à 4 mois selon les auteurs). Les diagrammes font ressortir :

- Les préférences basophiles et mésophiles de *Salix retusa* et *Hutchinsia alpina*.

- Les préférences neutro-acidoclines de nombreuses autres espèces de creux à neige peu acides comme *Salix reticulata*, *Salix serpyllifolia*, *Saxifraga androsacea* et *Saxifraga seguieri*. Ils montrent aussi les nuances qui les séparent. Par exemple la tolérance pédochimique assez vaste (vers les sols peu acides) de *Saxifraga seguieri* explique l'apparition de cette espèce sur des milieux qui excluent *Saxifraga androsacea* dont les exigences neutrophiles sont plus strictes.

- A l'opposé on relève le *preferendum* acide de nombreuses espèces des combes à saule herbacé (*Sedum alpestre*, *Sibbaldia procumbens* et *Carex parviflora* en milieu relativement mésophiles, *Carex foetida*, *Alchemilla pentaphyllea*, *Omalotheca supina* en milieu plus hygrophile). On remarque la large tolérance chimique du saule herbacé alors que *Carex parviflora* est absent des milieux les plus acides.

- Ces diagrammes vérifient donc l'affiliation de ces plantes aux milieux humides avec, pour quelques-unes, une certaine ubiquité (*Salix serpyllifolia*) qui leur permet de déborder parfois le milieu nival strict (*Salix herbacea*), contrairement à d'autres espèces, à écologie plus stricte :: *Salix retusa* en milieu basophile, *Polytrichum sexangulare* en milieu très désaturé et très humide.

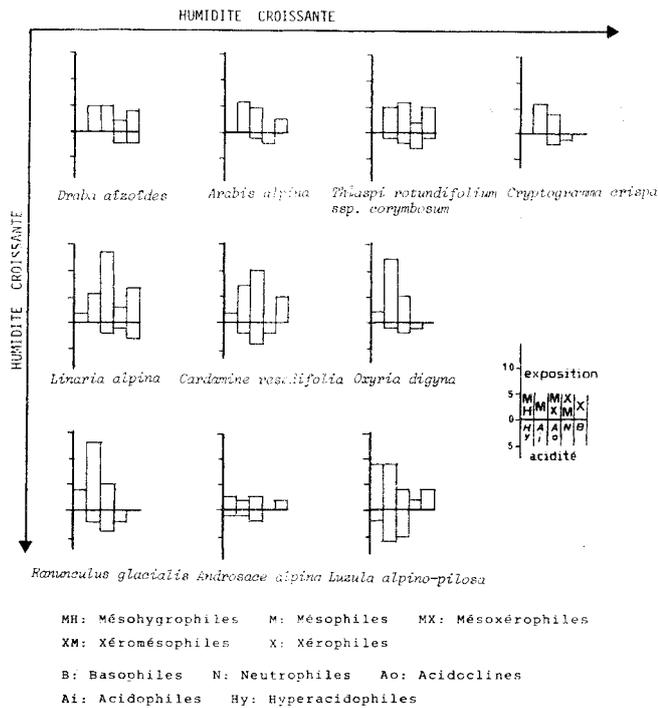


Fig. 12 - Autoécologie des espèces alpines d'éboulis en Val d'Aoste (Italie).

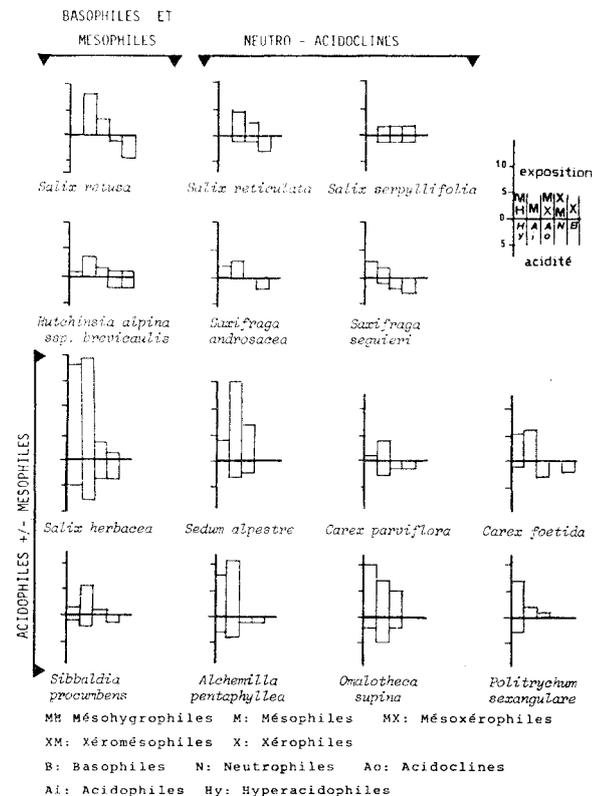


Fig. 13 - Autoécologie des espèces alpines d'éboulis et de mode nival en Val d'Aoste (Italie).

D'UNE FACON PLUS GENERALE C'EST A L'ETAGE ALPIN que s'expriment le mieux les différences de composition des roches sur la végétation. Sous les pelouses de mode nival le microclimat humide impose les groupements du *Salicetum herbaceae* mais en les nuancant. Les pelouses relativement les moins acides se limitent aux seules serpentinites. Les pelouses de mode thermique sont mieux différenciées. Le substratum ultrabasique s'individualise nettement au travers de groupements et/ou de faciès neutro-basophiles, parfois par des groupements spécifiques liés à la dominance du magnésium (*Caricetum fimbriatae*). Les prasinites et les gneiss abritent des pelouses acidophiles, avec les groupements des milieux les plus désaturés sur la dernière roche.

CONCLUSIONS GENERALES

1- LES PROCESSUS D'ALTERATION opposent les serpentinites à l'ensemble prasinites-gneiss (Fig. 14).

Sous le climat sec du Val d'Aoste la fragmentation rapide des serpentinites (VACCARI, 1903 ; GUYOT, 1925) et leur microdivision, essentiellement par fragmentation, dépendent davantage de l'action du climat de l'étage que de la végétation. Les aires granulométriques (VERGER, 1987 et 1989) s'allongent vers les fractions fines (limons et argiles), du montagnard à l'alpin.

Les prasinites et les gneiss acides massifs sont plus résistants à l'altération qui procède surtout par fragmentation mais aussi par dissolution liée à la podzolisation.

2- LA REPARTITION DES GROUPEMENTS VEGETAUX DEPEND DES ROLES RESPECTIFS DU CLIMAT ET DE LA ROCHE. (Tab.X)

A l'étage montagnard où l'argilogénèse est faible, le facteur humus, ici litière acide, joue un rôle majeur dans la composition du tapis herbacé. Les humus convergent vers un moder-mull xérique et ce sont les horizons organo-minéraux qui nuancent les végétations correspondant aux sols dits "analogues". L'association du *Deschampsio-Pinetum sylvestris* est commune aux trois roches mais avec quelques nuances. Sur prasinites les groupements sont intermédiaires entre ce dernier et le *Cytiso-Pinetum*, avec en altitude passage aux *Vaccinio-Piceetea*.

A l'étage subalpin la microdivision accentuée des ultrabasites par rapport aux autres roches influe sur la végétation, mais le facteur climatique paraît souvent dominant. Les divergences stationnelles entre serpentinites et les autres roches s'accroissent.

Au niveau forestier (subalpin inférieur et moyen) la roche ultrabasique, par ses caractères physiques (perméabilité et aération) et par les contraintes chimiques qui en découlent favorise le mélèze comme stade climax sur des sols brunifiés. Acidification et podzolisation favorisent la pessière et la cembraie sur prasinites et gneiss.

Au subalpin supérieur les serpentinites maintiennent des groupements riches en neutrophiles alors que ceux sur prasinites et gneiss sont acidophiles. A l'ubac (rhodoraie) s'affirme la tendance à la podzolisation. Aux adrets

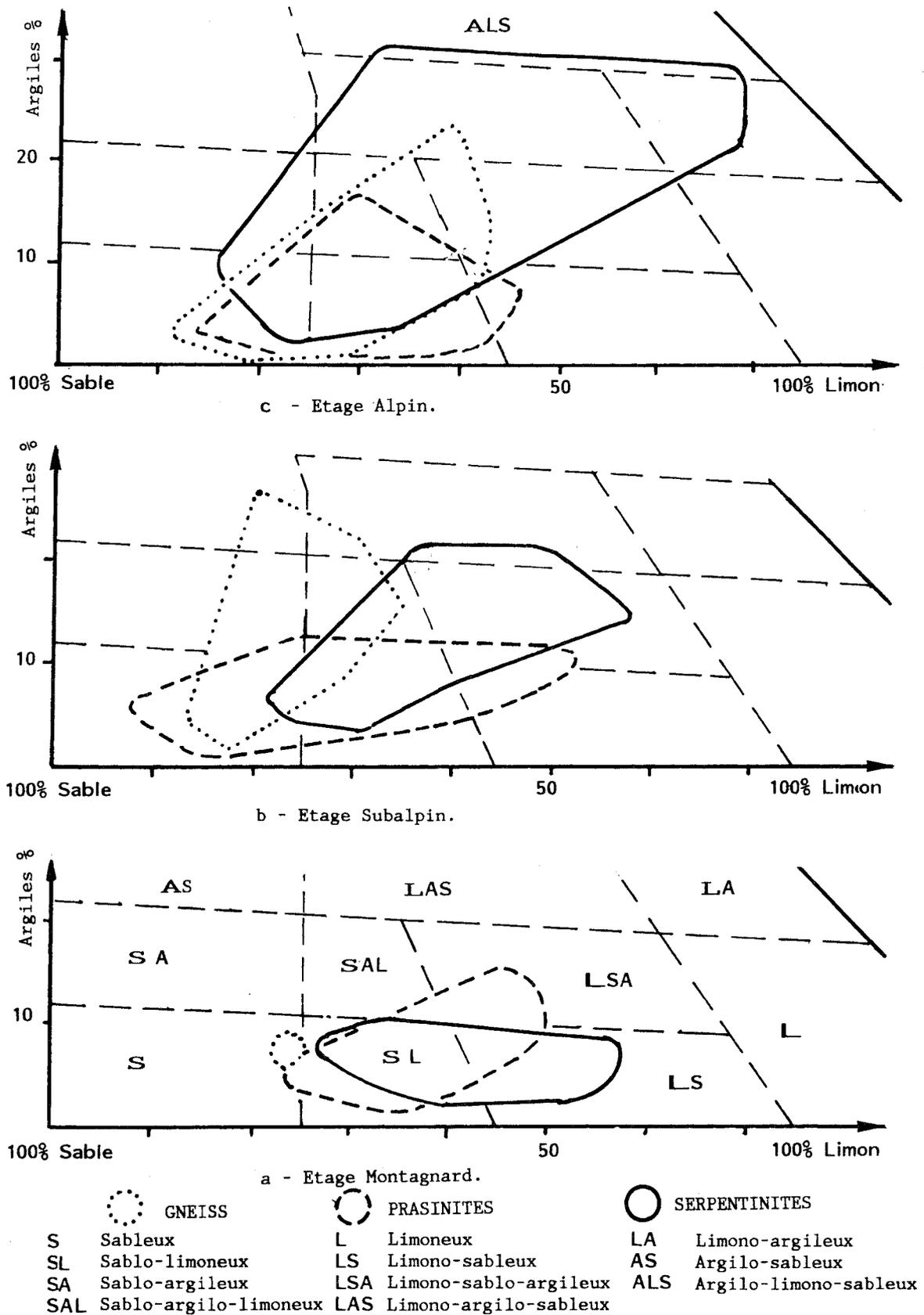


Fig. 14 - Aires granulométriques des sols développés sur serpentinites, prasinites et gneiss en Val d'Aoste (Italie).

VEGETATION DU HAUT VAL D'AOSTE

TABLEAU X.- Rapports sol-climat-végétation de l'étage montagnard à l'étage alpin sur serpentinites, prasinites et gneiss en Val d'Aoste (Italie).

ETAGE	TYPE DE VEGETATION	FACTEUR DOMINANT	ROCHE	SOL	ASSOCIATIONS VEGETALES
A L P I N	Pelouses humides	Pédoclimat	S P G S	Stagnogley Lithosol	<i>Salicion herbaceae</i> <i>Saxifragetum androsaceae</i>
	Autres pelouses	Roche : - Acidité - Basicité - Magnésium	S P G S S	Sols bruns acides Sol brun eutrophe Humus : Mg/Ca > 1	<i>Caricetea curvulae</i> <i>Elyno-Seslerietalia</i> <i>Caricetum fimbriatae</i> facies <i>Festucetum variae</i> <i>Cardamine plumieri</i>
S U B A L P I N	Landes	Climat : - Pentes chaudes	S P G	Sols bruns	<i>Junipero-Arctostaphyletum</i>
		- Pentes fraîches	S P G	Sol brun mésotrophe Sols podzoliques	<i>Rhodoreto-Vaccinietum</i>
	Forêts	Roche :	S P G	Sol brun mésotrophe Sols podzoliques	<i>Rhodoreto-Vaccinietum vitis-idaea laricosum</i> <i>Rhodoreto-Vaccinietum laricosum</i> <i>Rhodoreto-Vaccinietum cembretosum</i> <i>Piceetum subalpinum</i>
M O N T A G N A R D	Forêts - Horizon organique - Horizons minéraux	Pédoclimat Roche	S P G S	Sols bruns Sol brun eutrophe	<i>Deschampsio-Pinetum sylvestris</i> type faciès avec : <i>Carex humilis</i> et <i>Thlaspi alpinum</i> subsp. <i>sylvium</i>

S : Serpentinites - P : Prasinites - G : Gneiss.

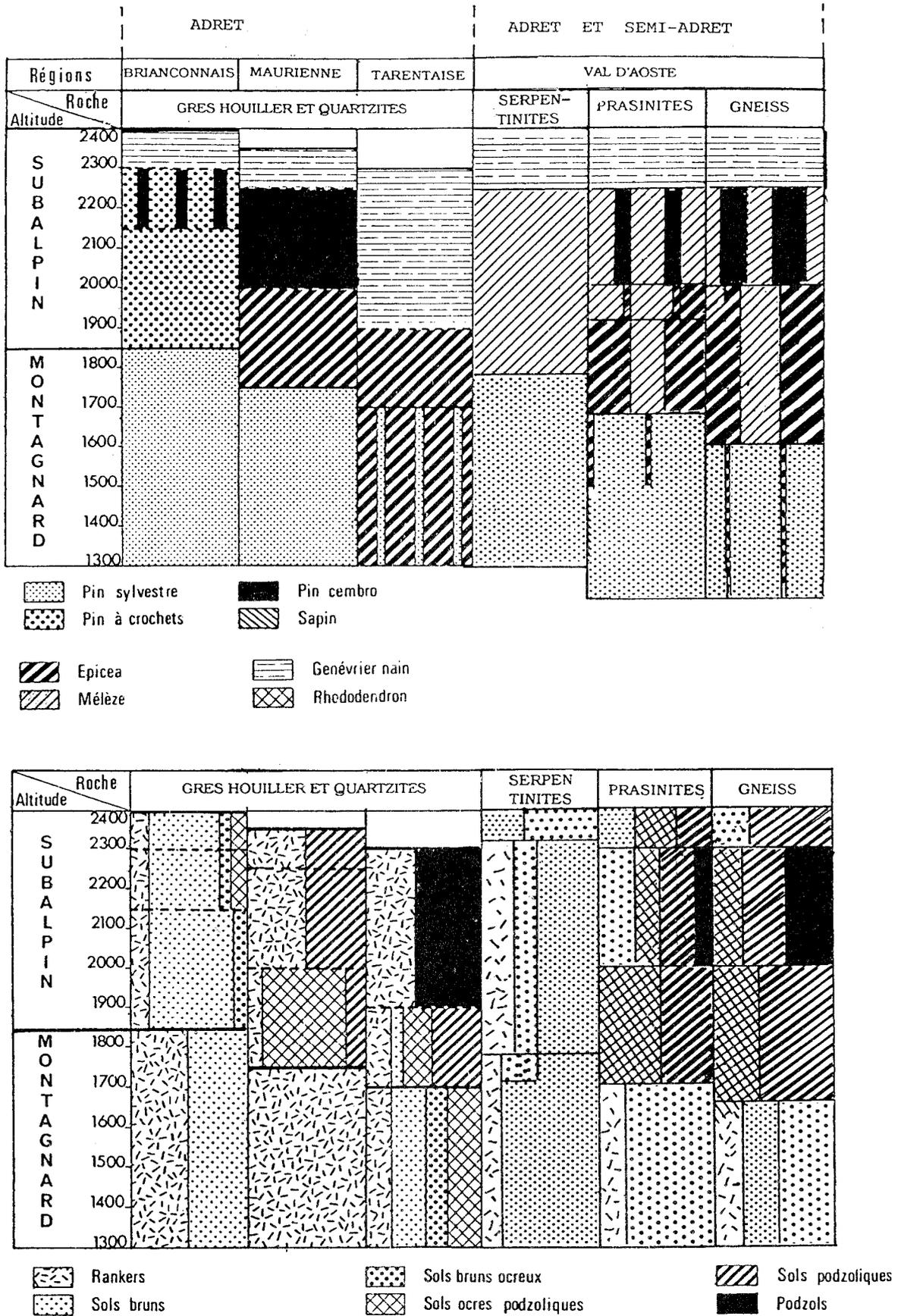


Fig. 15 - Rapports sol-végétation au sein des vallées des Alpes internes.

(junipéraie) brunification et xérophilie permettent l'extension des groupements neutro-acidoclines.

A l'alpin, les divergences de l'étage inférieur se maintiennent et ce, dès les sols initiaux

Le bioclimat de l'étage alpin se révèle suffisamment uniforme pour imposer sur prasinites et gneiss des groupements acidophiles semblables (*Caricetum curvulae*, *Festucetum halleri*, *Festucetum variae*, *Salicetum herbaceae*). Sur ultrabasites l'argilogénèse libère fer et magnésium et contribue à un complexe adsorbant, saturé, (sols eutrophes), favorable aux groupements de la série neutro-basophile des *Seslerietalia*.

La répartition des groupements végétaux dépend donc des rôles respectifs de la roche, du climat et de la végétation ce qui nous amène à proposer les relations dynamiques du tableau X.

3- LES ANALYSES PEDOLOGIQUES FONT RESSORTIR LA SPECIFICITE DES SERPENTINITES.

Les sols sur serpentinites s'apparentent, à tous les étages aux classes des sols bruns (eutrophes) et des sols calcimagnésiques (brunifiés). Les associations végétales se rapprochent de celles des roches calcaires mais possèdent une spécificité propre souvent liée à la dominance du magnésium sur le calcium dans les bases échangeables (*Caricetum fimbriatae*, faciès du *Festucetum variae*, faciès du *Cetrario-Loiseleurietum*) voire au rôle réduit des ions de l'acidité (mélèzein subalpin). La résistance à l'acidification des profils favorise aussi le développement d'associations nouvelles (*Saxifragetum androsaceae*).

De rares espèces paraissent en outre liées aux serpentinites. Seuls *Thlaspi alpinum* subsp. *sylvium*, *Carex fimbriata* et *Cardamine plumieri* cette dernière localisée aux anfractuosités rocheuses semblent mériter le terme de serpentinoxytes (selon la terminologie de GAMS, 1975).

La pédogénèse acide des prasinites montre que cette roche, dite "ophiolitique" n'a pas un comportement de roche-mère basique, malgré sa minéralogie primaire. Il existe une scission au sein de ces roches entre les serpentinites à pédogénèse peu acidifiante d'une part, et les prasinites à comportement de roches acides d'autre part. Ce résultat étonnant est à relier au mode d'altération superficielle de la roche avec faible libération des cations primaires. Seuls de rares milieux secs de l'étage alpin échappent à cette orientation générale. Aucune espèce végétale n'apparaît liée spécifiquement à la prasinite.

Sur gneiss l'orientation de la pédogénèse est toujours de type acidophile, quel que soit l'étage. Comme pour les prasinites, aucune espèce végétale n'apparaît liée à cette roche.

4- LA COMPARAISON AVEC LES VALLEES DES ALPES INTERNES FRANCAISES (CADEL, 1980) permet de compléter, au niveau des étages montagnard et subalpin, les rapports, aux adrets, entre la végétation forestière et les sols (Fig. 15).

Au montagnard l'analogie des pinèdes du Val d'Aoste est forte avec celles du Briançonnais et de Maurienne sur des sols à brunification dominante. La présence de l'épicéa dans le montagnard supérieur et dans le subalpin traduit une parenté plus élevée avec la Maurienne.

Au subalpin la complexité est plus élevée. Au point de vue climatique la xéricité du montagnard ne se poursuit pas dans cet étage à la différence du Briançonnais (CADEL, 1980) et il y a un léger creux estival des précipitations contrairement à la Tarentaise. C'est donc de la Maurienne que le Val d'Aoste est le plus proche climatiquement, mais le comportement différent des trois roches introduit d'importantes nuances.

Au subalpin sur serpentinites le mélèzein climacique s'impose, ce qui, pour ce niveau, correspond à une végétation intermédiaire entre le Briançonnais et la Maurienne, même si cette essence n'est guère présente dans les adrets de ces régions. Sur prasinites et gneiss la parenté, dans la végétation, se fait surtout avec la Maurienne. Les sols réalisent un compromis entre Maurienne-Tarentaise, principalement sur gneiss où la podzolisation est accrue.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.), BOREL (L.), LAVAGNE (A.) & MOUTTE (P.), 1965.- Feuille d'Embrun-Est (XXXV-38).Elaboration d'une carte à moyenne échelle (1/50000) à partir des relevés exécutés à grande échelle. (1/20000).*Doc. Carte Vég. Alpes*, III, 61-86.
- BARTOLI (Ch.), 1966.- Etudes écologiques sur les associations forestières de la Haute-Maurienne. *Ann. Sc. Forest.*, XXIII, 3, 433-749.
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1954.- La végétation alpine et nivale des Alpes françaises. *SIGMA n° 125*, Montpellier.
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1964.- Pflanzensoziologie. 3ème édition. Springer Verlag, Vienne, 865p., 442 fig.
- BRAUN-BLANQUET (J.) & THELLUNG (A.), 1921.- Observations sur la végétation et sur la flore des environs de Zermatt. *Bull. Murithienne*, 41.
- CABIDOCHÉ (Y.M.), 1979.- Contribution à l'étude des sols de haute montagne. Thèse 3ème cycle, Montpellier, 152p.
- CADEL (G.), 1980.- Séries de végétation et sols du subalpin briançonnais sur roches-mères silico-alumineuses. Comparaison avec la Maurienne et la Tarentaise. *Sc. Sol* 4, 294-264.
- CARBIENER (R.), 1963.- Remarques sur un type de sol encore peu étudié : le ranker cryptopodzolique de l'étage subalpin des massifs hercyniens français. *C.R.Acad. Sc.*, 256, 977-979.
- CONTINI (L.) & LAVARELLO (Y.), 1982.- Le Pin Cembro : répartition, écologie, sylviculture et production. INRA, Paris, 197p.
- DALMAS (J.P.), 1972.- Etudes phytosociologique et écologique de l'étage alpin des Alpes Sud-Occidentales françaises et plus particulièrement de la région de Vars-Ecrins (H.A.). Thèse, Univ. Provence, Marseille.
- DAL PIAZ (G.V.), 1976.- Il lembo di ricoprimento del Pillonet. Falda della Dent Blanche nelle Alpi Occidentali Padova : Consiglio Nazionale delle Ricerche. Centro di Studio sui problemi dell'orogeno delle Alpi Occidentali.

- DAMBRINE (E.), 1985.- Contribution à l'étude de la répartition et du fonctionnement des sols de haute montagne. Thèse Spéc. Géol. Appli., Paris, 284p. + annexes.
- DUCHAUFOUR (Ph.), 1983.- Pédogenèse et classification. in : *Pédologie*, tome 1, 2e éd. Masson-Paris, 510p.
- GENSAC (P.), 1979.- Les pelouses supra-forestières du Massif de la Vanoise. *Travaux Scientifiques du Parc National de la Vanoise*, X, 120-242.
- GUYOT (H.), 1925.- Contribution sur la Phytogéographie des Alpes Graies orientales. *Bull. Soc. Flore Valdot.* Aoste, 18.
- GUINOCHET (M.), 1938.- Etudes sur la végétation de l'étage Alpin dans le bassin supérieur de la Tinée (A.M.). Thèse Doct. Etat, Lyon, 458p.
- JANIN (B.), 1968.- Une région alpine originale : le Val d'Aoste. Grenoble : Tradition et renouveau.
- JEANROY (E.), 1983.- Diagnostic des formes du fer dans les pédogénèses tempérées. Evaluation par les réactifs chimiques d'extraction et apports de la spectrométrie Mossbauer. Thèse Doct. Univ. Sci. Nat., Nancy I, 175p.
- KAPLAN (K.), 1983.- Uber Gesellschaften des *Festucion varia*. Verbandes in den östlichen Grajischen Alpen (Aosta, Italien). *Ber. Geobot. Inst. ETH, Stftung Rübhel*, 50, 97-118.
- LAVAGNE (A.), ARCHILOQUE (A.), BOREL (L.), DEVAUX (J.P.), MOUTTE (P.) & CADEL (G.), 1983.- La végétation du Parc Naturel Régional du Queyras. *Rev. Biol. Eco. Médit.*, X, 3, 175-248.
- LECOINTE (A.), 1978.- Aperçu sur la végétation bryophytique subalpine et alpine des environs du glacier d'Aletsch (Suisse). *Doc. Phyto.*, Lille, III, 325-336.
- LECOINTE (A.), 1985.- Les difficultés dans l'utilisation des Bryophytes en typologie forestière : exemple du Pays d'Auge (Normandie). *Coll. Phyto. Phyto.Forest.* XIV, Nancy, 629-653.
- LEGROS (J.P.), 1982.- L'évolution granulométrique au cours de la pédogénèse. Approche par simulation sur ordinateur. Application aux sols acides sur matériaux cristallins en zone tempérée. Thèse Doct. Etat Montpellier, 436p.
- LEGROS (J.P.) & CABIDOCHÉ (Y.M.), 1979.- Les types de sols et leur répartition dans les Alpes et les Pyrénées cristallines. *Doc. Cart. Eco.*, XIX, 1-19.
- LYABEL (C.), 1962.- Le problème forestier en vallée d'Aoste. *Flambeau*, 3, 63-81.
- OZENDA (P.), 1966.- Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographique des Alpes du Sud. *Doc. Cart. Veg. Alpes*, IV, 198p.
- PENEL (M.), 1979.- Caractérisation physico-chimiques et classification des humus forestiers acides en relation avec la végétation et ses exigences écologiques. Doct. Spéc. Nancy I, 112p.
- REYNIER (Ph.), 1988.- Etude phytoécologique, pédologique et statistique sur schistes lustrés en Haute-Ubaye et régions avoisinantes aux étages Alpin et Subalpin d'Adret. Thèse Doct. Bio., Grenoble, 170p.
- RICHARD (J.L.), 1975.- Première approche de la végétation de l'étage alpin du Val d'Anniviers (Alpes valaisannes, Suisse). *Doc. Phyto.*, 9-14, Lille.
- RICHARD (J.L.), 1985.- Observations sur la sociologie et l'écologie de *Carex fimbriata* Schkuhr dans les Alpes. *Bot. Helvet.* 95/2, 157-164.
- RICHARD (L.) & TONNEL (A.), 1987.- Contribution à l'étude des vallées internes des Alpes Occidentales. Première partie : originalité du milieu et quelques conséquences biologiques. *Doc. Cart. Eco.*, XXX, 113-136.
- ROBERT (M.), 1980.- Pédogénèse et minéralogie des sols de haute montagne cristalline (étage alpin et subalpin) Alpes - Pyrénées. *Sc. Sol*, 4, 313-336.
- ROBERT (M.), CABIDOCHÉ (Y.M.), BERRIER (J.), 1980.- Pédogénèse et minéralogie des sols de haute montagne cristalline (étages alpins et subalpin) Alpes-Pyrénées. *Sc. Sol*, 4, 313-336.
- ROUILLER (J.), 1981.- Analyse des sols. Techniques de laboratoire. *Centre Péd. Biol.* 32, CNRS, Nancy.
- SCHWEINGRUBER (F.H.), 1972.- Die Subalpinen Zwergstrauchgesellschaften im Einzugsgebiet der Aare. *Mém. Inst. Suisse Rech. Forest.*, 48, 2, 196-504.
- SOUCHIER (B.), 1971.- Evolution des sols sur roches cristallines à l'étage montagnard (Vosges). Thèse Doct. Etat, Nancy.
- VACCARI (L.), 1903.- La flore de la serpentine, du calcaire et du gneiss dans les Alpes Graies orientales. *Bull. Soc. Flore Valdot.*, Aoste, 2.
- VERGER (J.P.), 1979.- Origine des sols sur prasinites et serpentinites sous végétation pionnière en climat alpin (Val d'Aoste). *Doc. Carto. Eco.*, XXI, 127-138.
- VERGER (J.P.), 1987.- Végétation et pédogénèse sur roches vertes et gneiss acides dans une séquence altitudinale montagnard-alpin en Val d'Aoste (Italie). Essai de synthèse écologique. Thèse Doct. Etat, Grenoble, 193p + annexes.
- VERGER (J.P.), 1989.- Evolution granulométrique des solums et action sur la végétation. Exemple en Val d'Aoste sur roches ultrabasiques, basiques et acides. *Sc. Sol*, 27, 2, 157-170.
- VERGER (J.P.), 1992.- Vegetation and Soils in the Valle d'Aoste (Italy). The Vegetation of Ultramafic (Serpentine) Soils: Proceedings of the First International conference on Serpentine and Ecology. Ed. Lavoisier Publishing Inc. Newark, USA, 175-195.
- VERGER (J.P.), (sous-presses).- Note sur la répartition et l'écologie de *Carex fimbriata* Schkuhr au Queyras et dans les Alpes. *Acta bot. Gallica*, 140, 1.
- VERGER (J.P.), (sous-presses).- Premières considérations sur la végétation alpine et les sols développés sur Serpentinites, Prasinites et Gabbros dans les Alpes Graies (Italie). *Webbia*.
- ZOLLITSCH (B.), 1967-1968.- Soziologische und ökologische Untersuchungen auf Kalkschiefern in hochalpine Gebieten. *Ber. der Bayerischen Bot. Ges.* XL.